ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur les différents régimes vibratoires d'un parallélépipède de quartz.* Note (¹) de M. **Armand de Gramont.**

Soit un parallélépipède de quartz dont les arêtes sont parallèles respectivement aux axes électrique, optique et mécanique; désignons par e, o et m les dimensions du cristal le long de ces trois axes. Faisons vibrer le cristal suivant l'axe mécanique; soit f la fréquence obtenue.

Considérons le coefficient $K_m = fm$. Tant que m est grand par rapport à la dimension o, on voit sur la figure que le coefficient K_m est sensiblement constant : la fréquence f est alors inversement proportionnelle à la longueur m; nous avons trouvé, par des mesures effectuées sur un grand nombre de cristaux, que ce coefficient K_m était égal en moyenne à 2706, valeur voisine de celle que lui a attribuée Hund.

Sans modifier les dimensions du cristal suivant les axes optique et électrique, diminuons progressivement sa longueur suivant l'axe mécanique; quand le rapport m/o est voisin de 2, on voit que K_m commence à diminuer : la fréquence du cristal n'est plus inversement proportionnelle à sa longueur.

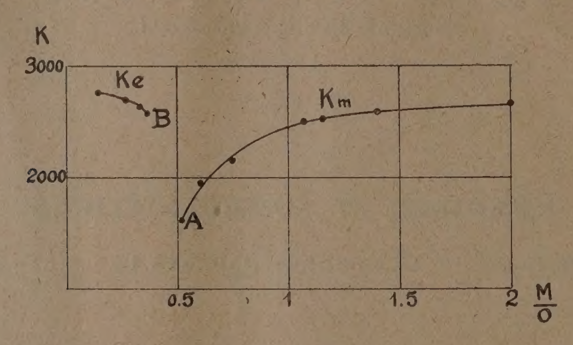
Le cristal pour lequel $m/o = 0,52$ correspond au cas limite de la vibration suivant l'axe mécanique (point A de la courbe); pour ce point, K_m est un peu supérieur à 1600.

Si la longueur du cristal suivant l'axe mécanique diminue, le régime

---

(¹) Séance du 3 juillet 1933.

vibratoire est d'abord complètement instable : puis, pour $m/o = 0,36$, un nouveau régime s'établit correspondant au point B ; le cristal vibre suivant l'axe électrique ; le coefficient $K_e = fe$ tend alors, quand m diminue, vers une valeur limite qui paraît très peu supérieure à celle que nous avons



mesurée pour $m/o = 0,14$. Nous n'avons pas été plus loin : le cristal, ayant alors à peine 1^{mm} suivant m, est difficile à maintenir vertical dans le condensateur.

Pour un tel cristal, la vitesse de propagation du son suivant l'axe électrique, calculée d'après la fréquence, se trouve être de 5504^{m}, en bon accord avec les prévisions faites par Cady (5500^{m}).

Il est à noter que les variations d'épaisseur du cristal suivant l'axe électrique ont peu d'effet.

Pour les dimensions du cristal correspondant à la zone de discontinuité comprise entre A et B, les vibrations qui se produisent simultanément sur deux axes orthogonaux sont la cause de tensions mécaniques considérables ; leur étude est délicate car elles brisent fréquemment le cristal. Les charges électriques qui en résultent déterminent les mouvements de rotation que nous avons précédemment décrits.

Ces mouvements des cristaux piézo-électriques ont été observés par A. Meissner et E. P. Tawill ; Meissner les croyait d'origine aérodynamique ; Tawill a suggéré en 1927 que le phénomène pouvait être d'origine électrique, ce que nos essais ont confirmé : si, en effet, on transporte un cristal tournant dans une atmosphère raréfiée, on voit d'abord le mouvement se ralentir par suite de l'ionisation du gaz en même temps qu'apparaissent des aigrettes lumineuses ; puis, quand le vide augmente, le mouvement du cristal s'accélère et devient plus rapide qu'à l'air libre. La rotation du cristal ne peut donc être attribuée qu'aux charges électrostatiques.

Quand le cristal tourne à l'air libre, le souffle qu'on observe et qui est la conséquence des charges électriques, peut ajouter son action à celle de ces charges et masquer ainsi la cause véritable du phénomène.

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouveau type de macles.*
Note de M. G. FRIEDEL.

Les observations patientes et sûres de J. Drugman sur les macles extraordinairement nombreuses que présente le quartz bipyramidé des roches porphyriques ([1]) y ont mis hors de doute l'existence de huit lois de macles, dont sept sont bien conformes à la théorie de Mallard telle qu'elle a été exprimée et complétée en 1904 ([2]). Par contre une huitième, déjà signalée dans des quartz de filons mais restée douteuse, et désormais certaine grâce à J. Drugman, échappe tout à fait à cette théorie. C'est la macle dite de Zinnwald (Jenzsch), ainsi définie : Une face de l'isoscéloèdre b^1 $(10\bar{1}1)$ de l'un des cristaux coïncide avec la face prismatique m $(10\bar{1}0)$ de l'autre, et réciproquement une face m du premier avec une face b^1 du second; l'arête b^1m a ainsi la même direction dans les deux cristaux. Cette macle ne peut être définie par aucune opération de symétrie du réseau; c'est-à-dire qu'elle n'a ni plan réticulaire de macle, ni axe réticulaire de macle d'ordre 2, 3, 4 ou 6. Ou, ce qui revient au même, il n'y a aucune maille simple ou multiple qui soit commune, exactement ou approximativement, aux deux cristaux groupés, à moins d'admettre un indice et une obliquité inacceptables.

J. Drugman ([3]), ayant observé que fréquemment de petits cristaux de quartz, formés dans la pâte de la roche, s'orientent parallèlement à un gros cristal dès qu'ils viennent en contact avec lui, recourt, pour expliquer le groupement de Zinnwald, à cette idée que des groupements réguliers pourraient résulter de l'accolement, avec orientation mutuelle, de cristaux préexistants. Gaubert ([4]) avait pensé observer, dès 1896, la formation de la macle des spinelles dans l'azotate de plomb par ce processus; mais le fait

---

([1]) *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, **51**, 1928, p. 187; *ibid.*, Livre Jubilaire, 1930, p. 95; *Mineralogical Magazine*, **21**, n° 119, 1927, p. 398.

([2]) G. FRIEDEL, *Bull. Soc. de l'Industrie minérale*, 4e série, **3** et **4**, 1904; *Leçons de Cristallographie*, Berger-Levrault, Paris, 1926.

([3]) *Loc. cit.*, Livre Jubilaire, p. 98-101.

([4]) *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, **29**, 1896, p. 431.

restait contestable. Par contre, récemment Marianna Schaskolsky et A. Schubnikow [1], en opérant sur l'alun dans des conditions d'observation plus favorables, ont d'une part mis hors de doute la possibilité d'accolements parallèles et de groupements réguliers formés par ce moyen. D'autre part, en amenant de petits cristaux d'alun de forme cubique au contact de gros octaèdres croissant dans la solution sursaturée, ils ont découvert un type de groupement nouveau tellement identique à la macle de Zinnwald du quartz que l'on ne peut douter de tenir ainsi la complète explication de cette macle. Dans le nouveau groupement de l'alun, les deux cristaux viennent en contact nécessairement par une face qui est une face de cube pour l'un et d'octaèdre pour l'autre. Cela ne tient qu'aux formes extérieures. Mais l'action d'orientation mutuelle des structures cristallines se manifeste en ceci que, autour de la normale à ce plan commun, les deux cristaux sont tournés l'un par rapport à l'autre, non toujours mais dans un nombre très grand de cas, de telle façon que la seule rangée qui soit commune aux deux faces en contact, c'est-à-dire un des axes binaires du réseau, diagonale de la face du cube et arête de l'octaèdre, ait même direction dans les deux cristaux; cette rangée est d'ailleurs la plus dense.

Exactement de même dans la macle de Zinnwald, lorsque les cristaux sont limités par l'isoscéloèdre b^1 $(10\bar{1}1)$ et le prisme m $(10\bar{1}0)$, le contact peut avoir lieu au hasard : A, entre deux faces de prismes; B, entre deux faces d'isoscéloèdre, ou C, entre face de prisme et face d'isoscéloèdre; et, dans tous les cas, une arête $b^1 m$, rangée la plus dense du quartz, a même direction dans les deux cristaux. Dans le cas A, il se fait un groupement parallèle; dans le cas B, soit un groupement parallèle soit la macle dite de l'Esterel [plan de macle $(10\bar{1}1)$]; et, dans le cas C, la macle de Zinnwald. Drugman a signalé une remarquable confirmation de ce processus : la macle de Zinnwald n'a pas été rencontrée dans les quartz de l'Esterel, où le prisme manque presque complètement; tandis qu'elle est fréquente dans les gisements de Cornouailles et autres, où le prisme est constant sur tous les échantillons.

On est conduit ainsi à constater l'existence de deux, et peut-être trois types de macles. Le premier, qui comprend presque toutes les macles connues, est conforme à la théorie ci-dessus rappelée, qui continue à s'y appliquer sans aucun changement. Il est caractérisé surtout par ceci que les deux orientations du cristal maclé ont en commun, exactement ou avec une

(1) Leningrad, *Zeit. für Krist.*, 85, 1933, p. 1-16.

certaine approximation, un réseau, une période à trois dimensions. On peut les appeler *macles tripériodiques*. Dans le second, qui n'est connu jusqu'à présent que par la macle de Zinnwald du quartz et la macle nouvelle de l'alun, les deux cristaux n'ont en commun qu'une seule rangée, une seule période linéaire, qui d'ailleurs se trouve, dans les deux exemples actuellement décrits, avoir rigoureusement le même paramètre pour les deux, et avoir aussi le paramètre minimum. Dans ces *macles monopériodiques*, l'orientation mutuelle est, pour deux dimensions, déterminée par le contact accidentel de deux faces extérieures préexistantes et appartenant à deux formes simples M et N différentes; l'action orientante de la structure cristalline n'intervient que pour fixer la position dans la troisième dimension, les deux cristaux s'orientant de manière à avoir en commun une rangée très importante qui appartient à la fois à M et à N. Ce type de macle ne semble pouvoir se produire que par le processus d'accolement de cristaux préexistants, aujourd'hui incontestable. Il ne paraît pas impossible qu'il existe des macles *dipériodiques*, dont on ne connaît pas d'exemple jusqu'à présent. Les mêmes notions et la même classification sont applicables aux épitaxies (groupements orientés d'espèces différentes), dont on ne connaît actuellement que deux types : *tripériodique*, permettant l'accolement régulier sur une surface quelconque; et *dipériodique* (1), où l'accolement orienté n'a lieu que par la face contenant les deux périodes planes quasi identiques.

Une Note plus détaillée paraîtra dans un autre Recueil.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La mouillabilité des substances insolubles et les remarquables puissances d'attraction existant à l'interface des liquides non miscibles*. Note de M. **H. Devaux**.

Appréciation de la mouillabilité. — La substance réduite en poudre sous l'eau, ou même obtenue par précipitation pour que les surfaces soient neuves et en contact intime avec le liquide, est amenée à la surface du liquide : si ses grains arrivent à flotter c'est qu'elle s'est partiellement démouillée, elle ne possédait qu'une affinité imparfaite pour l'eau. La mise en contact avec la surface peut du reste être établie de plusieurs manières, rotation lente du vase couché et incomplètement rempli, secouage, etc. De

(1) L. Royer, *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

la limaille d'or par exemple, obtenue sous l'eau, est ainsi très facilement mise en flottement. Il en est de même de tous les corps simples que j'ai étudiés, métaux : Pt, Ag, Cu, Al, Zn, Ni, Fe, Pb, Sn, Bi, Ur; ou métalloïdes : S, Se, Te, Si, C (graphite), As, Ph, Bo.

Ainsi le résultat de cette première étude est assez inattendu : *aucun des corps simples étudiés, qui comprennent la majorité des corps simples usuels, ne présente une mouillabilité parfaite par l'eau*. Ils tendent tous à se démouiller en arrivant à la surface.

Il en est de même pour beaucoup de composés insolubles.

Attraction interfaciale, par deux liquides superposés. — Si la poussière submergée se démouille à la surface du liquide, c'est simplement parce que la pellicule d'eau qui couvre encore sa surface au moment de l'émersion est plus attirée par l'eau voisine que par la substance elle-même. Mais la partie démouillée de chaque particule conserve des affinités attractives, le démouillage n'a fait que les libérer. Pour révéler ces attractions, il suffirait, semble-t-il, de verser sur l'eau un deuxième liquide, tel que la benzine, capable d'attirer les particules, sans se mélanger à l'eau. Le grain serait alors sollicité très énergiquement à rester à la surface de séparation, chacune des attractions qu'il subit étant insuffisante pour le faire passer dans un seul des deux liquides.

L'expérience répond d'une manière merveilleuse à cette déduction logique, elle permet d'affirmer que la *surface de séparation des liquides non miscibles est un lieu d'affinités attractives extrêmement énergiques, aboutissant à une accumulation remarquablement stable des substances le long de ces interfaces*.

Mélangeons par exemple de la poudre d'iodure de mercure avec de l'eau : quand on agite, la poussière rouge vient en petite quantité nager à la surface, mais la grande masse reste dans l'eau et tombe vite au fond. Ajoutons maintenant un peu de benzine et agitons de nouveau. La benzine forme une multitude de gouttelettes dispersées dans l'eau chargée d'iodure, et qui se rassemblent dès que cesse l'agitation. Nous constatons alors que toute la masse de poudre rouge s'est accumulée instantanément à la surface, ou plutôt à l'interface eau-benzine, formant une sorte de crème qui remonte le long des parois du verre, parce que ces parois sont à la fois mouillées d'eau et de benzine. S'il y a trop de poudre pour qu'il y ait flottement, il y a cependant encore séparation d'avec l'eau, la poussière rouge s'accumule au fond du vase en masses arrondies représentant un peu de benzine recouverte d'une couche de poussière minérale. La séparation est instantanée et sensiblement complète.

Or cette belle expérience réussit pour ainsi dire avec toutes les substances insolubles ou peu solubles (exemple NaFl) *même celles obtenues par précipitation.*

Souvent, il est vrai, il y a seulement partage car il reste de la poussière insoluble dans la masse de l'eau : mais une partie s'accumule toujours à l'interface. Il en est ainsi pour une multitude de précipités : hydrates de Fe, Cu, Zn, Al, Pb, etc., sulfures des mêmes métaux, carbonates et sulfates alcalino-terreux et terreux, oxalates, chlorures et iodures d'Ag, Pb, etc., ferrocyanures de Fe, Cu, etc., fluorures de Ca, Na, etc.

C'est à l'état colloïdal que les substances s'accumulent le moins et parfois pas du tout. Mais dès que l'on détruit l'état colloïdal, par exemple par l'action d'un sel, on voit se produire l'accumulation abondante à l'interface des deux liquides.

Il y a cependant aussi, dans ce beau phénomène, des variations qui sont en relation directe avec la nature de la substance. Certaines substances sont plus hydrophiles que d'autres, ce qui permet d'obtenir parfois un véritable triage : c'est un tel triage que l'on exécute en grand dans les opérations industrielles de flottation [1]. La description de ces opérations industrielles porterait du reste à faire croire que les substances autres que les minerais restent toujours dans l'eau, ce qui est faux. Cette attraction est seulement plus accentuée chez les composés terreux, c'est ce qui permet leur séparation.

Cette prépondérance d'attraction des interfaces s'exerce du reste jusque sur les molécules de certains corps dissous, elle constitue alors un cas d'adsorption, qui va parfois jusqu'à l'insolubilisation (colophane, tanin, dextrine, albumine, matières colorantes variées).

Conclusions. — 1° La mouillabilité par l'eau, pour la plupart des corps insolubles, et en particulier des corps simples les plus usuels, est une mouillabilité imparfaite.

2° La surface de séparation des liquides non miscibles est un lieu d'attractions puissantes pour toutes sortes de substances, aboutissant à une accumulation immédiate de ces substances si l'on a momentanément augmenté cette surface par agitation. C'est une affinité physique très supérieure à celle qu'exerce chaque liquide séparément sur les particules.

3° Cette accumulation interfaciale porte aussi, dans certains cas, sur des

---

[1] Voir Wo. Ostwald, *Zur Theorie der Flotation* (*Kolloïd-Zeitschrift*, 60. H. 3, 1932, p. 324-337).

substances dissoutes dans l'un ou l'autre liquide; c'est alors un cas particulier d'adsorption. Or elle s'exerce de la même manière sur des poussières en suspension. Il y a donc aussi une adsorption des particules massives des substances à l'interface des liquides non miscibles et cette dernière adsorption est extrêmement énergique et stable. Elle aboutit souvent à des formations solides constituant de véritables membranes.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P. Painlevé**, **J. Drach**, **J. Perrin**, **G. Urbain**, **M. Molliard**, **F. Mesnil** sont élus Membres de la *Commission supérieure des Recherches scientifiques*.

NOMINATIONS.

M. **J. Bordet** est désigné pour représenter l'Académie à la *séance académique* consacrée à la mémoire de Jean Effront, le 1er octobre 1933, à Bruxelles.

M. **E.-L. Bouvier** et **P. Marchal** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de la mort de* Pierre-André Latreille, le 27 août 1933, à Brive-la-Gaillarde.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la direction de l'Observatoire de Lyon, pour la première ligne, M. *Jean Dufay* obtient 37 suffrages contre 1 à M. *Alexandre Véronnet*.

Pour la seconde ligne, M. *Alexandre Véronnet* obtient 30 suffrages. Il y a 4 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne......... M. **Jean Dufay**
En seconde ligne.......... M. **Alexandre Véronnet**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° N. N. Zubov. *Théorie élémentaire des Marées* (en langue russe). (Présenté par M. E. Fichot.)

2° *Le métabolisme de l'azote. Dépenses, besoins, couverture*, par Émile-F. Terroine. (Présenté par M. L. Lapicque.)

3° *Hygiène méditerranéenne. Ier Congrès international, Marseille, du* 20 *au* 25 *septembre* 1932. Publié par Ch. Broquet. (Présenté par M. E. Roux.)

4° A. Paillot. *L'infection chez les insectes. Immunité et symbiose*. (Présenté par M. E. Roux.)

5° P. Lecomte du Noüy. *Méthodes physiques en Biologie et en Médecine*. (Présenté par M. E. Roux.)

6° *Atlas des Colonies françaises, Protectorats et Territoires sous mandat de la France*, publié sous la direction de G. Grandidier : *Madagascar*, par G. Grandidier, *La Réunion, Kerguélen, Comores, Saint-Paul, Amsterdam, Crozet*, par Louis-Philippe May; *Indochine*, par E. Chassigneux; *Algérie — Tunisie — Maroc*, par E.-F. Gautier. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

7° S. Ansbacher. *Une étude de chimiothérapie de la tuberculose*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une extension des formules de Frenet dans l'espace complexe et leur image réelle*. Note [1] de M. **O. Borůvka**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Plongeons-nous dans l'espace hermitien parabolique K_r à $r\,(>1)$ dimensions, déterminé par l'ensemble d'une forme linéaire z^0 et d'une forme hermitienne $z^1\bar{z}^1+\ldots+z^r\bar{z}^r$. Prenons dans K_r une courbe analytique (appartenant à cet espace), lieu des points $z^\alpha=f^\alpha(z)$, $1\leq\alpha\leq r$, les f étant des fonctions analytiques d'une variable complexe $z=x+iy$. A chaque point M de la courbe associons r vecteurs $n_\alpha=u_\alpha(x,y)+iv_\alpha(x,y)$,

[1] Séance du 3 juillet 1933.

$0 \leq \alpha \leq r-1$, les u, v étant des fonctions analytiques des deux variables réelles x, y, de manière que : 1° ils soient unitaires et rectangulaires deux à deux; 2° pour $0 \leq \alpha \leq r-1$ les vecteurs $n_0, \ldots, n_\alpha$ soient dans l'espace osculateur d'ordre $\alpha+1$ de la courbe au point M. Les vecteurs $d\mathrm{M}$, dn_α sont alors des combinaisons linéaires des vecteurs n. Si l'on multiplie les vecteurs n_α par des facteurs de la forme exp. (it), t réel, les nouveaux vecteurs désignés encore par n_α satisfont à 1° et 2°. On en peut profiter pour faire en sorte que les combinaisons en question soient de la forme $(\alpha = 0, 1, \ldots, r-1)$

$$d\mathrm{M} = (\omega_1 + i\omega_2)\, n_0,$$
$$dn_\alpha = -\mathrm{R}_\alpha(\omega_1 - i\omega_2)\, n_{\alpha-1} - i\varpi_\alpha n_\alpha + \mathrm{R}_{\alpha+1}(\omega_1 + i\omega_2)\, n_{\alpha+1},$$

les termes en n_{-1}, n_r étant à supprimer et les ω, ϖ étant des formes de Pfaff réelles en dx, dy telles que $\varpi_0 + \ldots + \varpi_{n-1} = 0$, les R étant enfin des fonctions analytiques réelles et positives de x, y. Ces formules représentent une espèce de formules de Frenet pour l'espace K_r, les droites (complexes) passant par un point M de la courbe et déterminées par les différents vecteurs n_α correspondants jouant le rôle de la tangente $(\alpha = 0)$ et des normales successives $(\alpha \geq 1)$, et les fonctions R celui des courbures scalaires de la courbe au point M. Remarquons qu'elles entraînent les conditions d'intégrabilité suivantes

$$\left[(\omega_1 \pm i\omega_2)\left(\frac{d\mathrm{R}_\alpha}{\mathrm{R}_\alpha} \pm i\overline{\varpi_0 + \varpi_{\alpha-1} - \varpi_\alpha}\right)\right] = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, r-1)$$

et qu'on peut prendre

$$\omega_1 = (\mathrm{R}_1^{r-1}\mathrm{R}_2^{r-2}\ldots\mathrm{R}_{r-1})^{-\frac{2}{r(r+1)}}\, dx, \qquad \omega_2 = (\mathrm{R}_1^{r-1}\mathrm{R}_2^{r-2}\ldots\mathrm{R}_{r-1})^{-\frac{2}{r(r+1)}}\, dy.$$

2. Faisons la représentation de l'espace K_r sur l'espace euclidien réel S_{2r} à $2r$ dimensions de manière que l'image du point (vecteur)

$$z^1 = x^1 + ix^2, \quad \ldots, \quad z^r = x^{2r-1} + ix^{2r} \qquad (x \text{ réels})$$

de l'espace K_r soit dans S_{2r} le point (vecteur) $x^1, x^2, \ldots, x^{2r}$. Dans cette représentation, du reste isométrique, l'image de la courbe (M) est une surface (M*) caractéristique (dans le sens de M. Levi-Civita), dont les équations sont de la forme $x^{2\alpha-1} = \mathrm{U}^\alpha(x, y)$, $x^{2\alpha} = \mathrm{V}^\alpha(x, y)$, $1 \leq \alpha \leq r$, les U^α, V^α étant des fonctions harmoniques associées. De plus, l'image de la figure formée, en chaque point M de la courbe, par l'espace osculateur d'ordre α (qui est naturellement à α dimensions), $1 \leq \alpha \leq r$, et par la tangente et les normales successives, est la figure formée, au point M* correspondant, par

l'espace osculateur de la surface d'ordre α [qui est alors à 2α dimensions, de sorte qu'il y a au point M^* $r-1$ espaces principaux [1] de la surface qui sont des plans] et par le plan tangent et les plans principaux successifs. Les plans en question sont donc caractéristiques ; en conséquence ils coupent les deux espaces linéaires imaginaires I, $\bar{\text{I}}$ à $r-1$ dimensions, situés sur la quadrique absolue, (I) $x^{2\alpha-1}+ix^{2\alpha}=0$, ($\bar{\text{I}}$) $x^{2\alpha-1}-ix^{2\alpha}=0$, $(\alpha=1, \ldots, r)$. Finalement pour $1 \leqq \alpha \leqq r-1$ la courbure scalaire de la courbe au point M a pour la surface (M^*) la signification simple suivante : Au point M^* correspondant l'indicatrice de courbure normale d'ordre α est une circonférence centrée au point M^* et de rayon $R_1 R_2 \ldots R_\alpha$.

3. Les surfaces caractéristiques dont nous venons de parler entraînent, évidemment, pour $r=2$, les surfaces de Kwietniewski et Kommerell que l'on considère en relation avec la théorie des fonctions analytiques de deux variables complexes [2]. Signalons à leur sujet encore les résultats suivants :

Pour qu'une surface dans S_{2r} soit caractéristique, il faut et il *suffit* que, dans chaque point M^* de la surface : *a*, l'espace osculateur de la surface d'ordre α soit à 2α dimensions $(1 \leqq \alpha \leqq r)$; *b*, toutes les indicatrices de courbures normales soient des circonférences centrées en M^* ; ou bien *b'*, le plan tangent et tous les plans principaux soient caractéristiques. Chaque surface caractéristique est le lieu des points d'intersection des espaces complexes conjugués à r dimensions appartenant à deux variétés complexes conjuguées d'espaces à r dimensions passant respectivement par les deux espaces I et $\bar{\text{I}}$ et dépendant analytiquement d'une variable complexe z resp. $\bar{z}$. Inversement, un tel lieu de points est toujours une surface caractéristique [3].

4. On peut étendre les raisonnements précédents et considérer plus généralement les surfaces plongées dans un espace S_{2r} à $2r$ dimensions à courbure constante *quelconque*, caractérisées par les propriétés *a* et *b* ci-dessus. Il y a encore un prototype complexe de telles surfaces représenté par une espèce de formules de Frenet dans un espace complexe à r dimensions doué d'une métrique hermitienne (à courbure constante). Tandis que par exemple il n'y a pas dans l'espace K_r considéré plus haut de courbes analytiques dont toutes les courbures scalaires R soient des constantes, il y en a si la métrique de l'espace complexe ambiant a été

(1) Pour la notion des espaces principaux et des indicatrices de courbures normales, voir mon Mémoire (*Publ. Fac. Sci. Univ. Masaryk*, 165, 1932).

(2) Voir par ex. B. SEGRE, *Rend. Sem. Mat. Roma*, 7, 1931, parte II, p. 59-107.

(3) Pour $r=2$ voir par exemple ma Note, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 334.

choisie à courbure *positive* convenable, et les surfaces représentatives correspondantes dans S_{2r} (à courbure positive) sont fournies par les fonctions sphériques de Laplace d'ordre r [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle formule dans les équations linéaires elliptiques et une application au problème de Cauchy*. Note de M. **Hans Lewy**, présentée par M. Hadamard.

Une légère modification de ma méthode pour prouver l'unicité [2] dans le problème de Cauchy pour une équation elliptique et analytique en deux variables donne, dans le cas d'une équation linéaire,

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a(x, y)\frac{\partial u}{\partial x} + b(x, y)\frac{\partial u}{\partial y} + \lambda(x, y)\, u = 0, \tag{1}$$

toutes les solutions réelles $u(x, y)$, existant au voisinage de l'origine, sous la forme

$$u(x, y) = \mathcal{R}\left\{ k(x,y)\, f(0) + \int_0^1 \mathrm{K}(x, y;\, tx,\, ty)\, f\,[\,t(x+iy)]\, dt \right\}, \tag{2}$$

où k est une fonction analytique de x et y, f est une fonction analytique *quelconque* de l'argument complexe $z = x + iy$ au voisinage de l'origine et $\mathrm{K}(x, y;\, \xi, \eta)$ est une fonction à valeur généralement complexe, qui dépend analytiquement de x et de y et de ξ et de η, et qui est une certaine fonctionnelle de a, b, λ. [D'une manière analogue, on obtient *toutes* les solutions u de (1) *qui n'existent que dans un demi-voisinage* $\mathrm{D}\{y \geqq 0\}$ *de l'origine*, en prenant, dans (2), pour $f(z)$ une fonction analytique définie, elle aussi, dans D et non prolongeable à travers l'axe des x]. Partant des valeurs de u et de ses dérivées sur $y = 0$, il est d'ailleurs facile de déterminer la fonction f, qui est, d'une manière précise, la valeur de u sur une des deux surfaces caractéristiques à deux dimensions [« mégalignes » caractéristiques, dans la terminologie de M. Hadamard [3]] qui passent par l'origine.

On tire de la formule (2) la conséquence suivante. Considérons les deux

---

[1] Au sujet de ces surfaces voir ma Note, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1336.

[2] *Math. Ann.*, 104, 1931, p. 325.

[3] *Le problème de Cauchy et les équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques* (édition française). Paris, Hermann, 1932, Appendice III, p. 512.

équations

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \lambda(x, y) v = 0 \tag{3}$$

(λ analytique et $\neq 0$ dans un voisinage de l'origine)

et

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0. \tag{4}$$

Prenons une solution v de (3), *existant sur* D, *et dont les valeurs aux limites* ($y = 0$) *ne soient fonction analytique de x sur aucun segment de l'axe des x; alors il n'y aura aucune solution u de* (4), *définie dans* D *et qui prenne, ainsi que ses dérivées premières, les mêmes valeurs sur $y = 0$.*

En d'autres termes, le problème de Cauchy à données initiales non-analytiques n'est jamais simultanément résoluble pour les équations (3) et (4). Ou encore :

Deux surfaces $u(x, y)$ et $v(x, y)$, solutions respectives de (4) *et* (3) *dans* D, *qui sont tangentes l'une à l'autre pour $y = 0$, y sont analytiques par parties et par suite prolongeables à travers l'axe des x en tant que solutions de* (4) *et de* (3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des séries de Fourier des fonctions de carré sommable* [1]. Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit la série

$$\sum_{1}^{\infty} \rho_n \cos(nx - \alpha_n), \tag{1}$$

la série $\Sigma \rho_n^2$ étant convergente. Supposons que la convergence soit telle, qu'à partir d'une certaine valeur de n on ait

$$\sum_{p=n+1}^{\infty} \rho_p^2 < \frac{A}{\log n (\log_2 n)^2 \ldots (\log_{\mu-1} n)^2 (\log_\mu n)^a}, \tag{2}$$

A étant une constante positive, μ un entier fixe quelconque [2] et a un exposant supérieur à 2. Nous allons montrer que, dans ce cas, *les ρ_n étant*

---

[1] Au sens de M. Lebesgue.

[2] Suivant l'usage $\log_2 n$ désigne $\log(\log n)$ et $\log_\mu n$ désigne $\log(\log_{\mu-1} n)$.

donnés à l'avance, on peut choisir les α_n de façon que la série (1) soit la série de Fourier d'une fonction *continue*.

Soit $n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots$ une suite d'entiers croissant indéfiniment. Posons

$$\varphi_0(x)=\sum_{p=1}^{p=n_1}\rho_p\cos(px-\alpha_p),\quad \ldots,\quad \varphi_k(x)=\sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}}\rho_p\cos(px-\alpha_p),\quad \ldots;$$

$\varphi_k(x)$ est la partie réelle de $\sum\limits_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}}\rho_p e^{pix-i\alpha_p}$ et, dans une précédente Note [1], nous avons montré qu'on peut choisir les α_p de façon que le module de ce polynome soit inférieur à

$$C\sqrt{\log(n_{k+1}-n_k)}\sqrt{\sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}}\rho_p^2},$$

C étant une constante absolue. En tenant compte de (2), on voit qu'on peut déterminer les α_p de façon que l'on ait

$$|\varphi_k(x)|<C\sqrt{\frac{A\log n_{k+1}}{\log n_k(\log_2 n_k)^2\ldots(\log_{\mu-1}n_k)^2(\log_\mu n_k)^a}}.$$

Prenons $n_k=3^{3^k}$; alors

$$\operatorname{Log} n_k=3^k\operatorname{Log}3,\qquad \operatorname{Log}_2 n_k>k,\qquad \operatorname{Log}_3 n_k>\operatorname{Log}k,\qquad \ldots.$$

Donc

$$|\varphi_k(x)|<\frac{C\sqrt{3A}}{k\operatorname{Log}k\operatorname{Log}_2k\ldots\operatorname{Log}_{\mu-3}k(\operatorname{Log}_{\mu-2}k)^{\frac{a}{2}}},$$

ce qui entraîne la convergence de la série $\Sigma|\varphi_k(x)|$ puisque $a>2$. La fonction

$$f(x)=\sum_{k=0}^{\infty}\varphi_k(x)$$

est donc une fonction continue. Or sa série de Fourier est précisément la série (1). Notre théorème est donc démontré [2]. Il s'applique, en particu-

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1776.

(2) Il est à peine besoin de faire remarquer que notre raisonnement ne permet nullement d'affirmer ou de nier la *convergence* de la série (1). En fait, on voit facilement que la condition (2) entraîne la convergence de $\Sigma\rho_n^2\log n$: donc, d'après un théorème de Kolmogoroff et Seliverstoff (*Rend. R. Accad. dei Lincei*, III, 1926, p. 307-310), la série (1) converge presque partout.

lier, aux cas simples où

$$\rho_n < \frac{1}{n^{\frac{1}{2}+\varepsilon}}, \qquad \rho_n < \frac{1}{\sqrt{n}(\operatorname{Log} n)^{1+\varepsilon}},$$

ε étant positif.

S'il était possible d'affirmer l'existence de la constante D dont il est question dans la Note citée ci-dessus, notre théorème s'appliquerait à toutes les séries de carré sommable, sans faire d'hypothèse particulière sur le reste de $\Sigma\rho_n^2$. Il suffirait, en posant

$$\sum_{p=n+1}^{\infty} \rho_p^2 = \frac{1}{\Omega(n)},$$

de choisir les n_k de façon à rendre convergente la série $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\Omega(n_k)}}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Topologie et équations fonctionnelles*. Note de MM. **Jean Leray** et **Jules Schauder**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit un espace abstrait, $\mathcal{E}$, normé, linéaire et complet (¹); un ensemble ouvert (²), ω de $\mathcal{E}$; enfin une transformation fonctionnelle,

$$y = x - \mathcal{F}(x) = \Phi(x) \tag{1}$$

définie sur $\overline{\omega}$; $\mathcal{F}(x)$ *n'est pas supposée linéaire*, mais est supposée *complètement continue* (³) (vollstetig), et ne doit prendre que des valeurs appartenant à $\mathcal{E}$. Nous avons pu définir, en accord avec les célèbres travaux de M. Brouwer (⁴), le degré topologique, $d[\Phi, \omega, b]$ de la transformation Φ en un point b étranger à $\Phi(\omega')$, en sorte que les propriétés bien connues de ce degré continuent à être exactes. Indiquons brièvement notre définition : nous supposons b en o; nous posons

h = minimum de la distance de o à $\Phi(\omega')$;

(¹) Au sens de M. Banach (cf. *Fund. Math.*, 3, 1919, p. 133-181).

(²) Nous désignerons par ω' la frontière de ω; par $\overline{\omega} = \omega + \omega'$ son ensemble de fermeture.

(³) C'est-à-dire $\mathcal{F}(x)$ est continue et $\mathcal{F}(x)$ transforme tout ensemble borné en un ensemble compact.

(⁴) *Math. Annalen*, 71, 1924, p. 97-115.

nous envisageons l'une des transformations fonctionnelles $\mathcal{F}_h(x)$ qui approchent $\mathcal{F}(x)$ à h près et dont toutes les valeurs font partie d'un même sous-ensemble linéaire de $\mathcal{E}$, à nombre fini de dimensions n; soit ω_n l'intersection, supposée non vide, de ω par ce sous-ensemble; soit $\Phi_h(x) = x - \mathcal{F}_h(x)$; nous posons

$$d[\Phi, \omega, 0] = d[\Phi_h, \omega_n, 0]$$

(la définition de ce deuxième degré résulte des travaux de M. Brouwer), en démontrant que le choix de Φ_h et ω_n n'affecte pas la valeur de $d[\Phi, \omega, 0]$.

2. Nous nommons *indice total* des solutions de l'équation

$$x - \mathcal{F}(x) = 0 \tag{2}$$

qui sont contenues dans ω le degré en o de la transformation (1).

Théorème. — Supposons que l'équation (2) dépende continûment [1] d'un paramètre k variable sur un segment K de l'axe réel. Soit un ensemble ouvert et borné Ω de l'espace [2] $[\mathcal{E}_x K]$, tel que $\mathcal{F}$ soit définie sur $\overline{\Omega}$ et que Ω' ne contienne aucune solution de (1). Alors l'indice total [3] des solutions intérieures à Ω est le même pour toutes les valeurs de k. Il en résulte que *l'existence d'au moins une solution de* (2) est assurée pour chaque valeur de *k quand on connaît un point de* K *où cet indice total diffère de zéro.*

3. Le champ *d'applications de ce théorème d'existence* est vaste, il contient en particulier les problèmes aux limites relatifs aux équations aux dérivées partielles du second ordre et du type elliptique : nous avons réussi à généraliser des théorèmes d'existence bien connus de M. S. Bernstein [4]. Bornons-nous ici au problème de Dirichlet concernant l'équation quasi linéaire

---

(1) $\mathcal{F}(x)$, qui est complètement continue en x, est supposée uniformément continue en k.

(2) $[\mathcal{E} \times K]$, espace produit des espaces $\mathcal{E}$ et K, est l'ensemble des couples (x, k) d'éléments x de $\mathcal{E}$, k de K. Un point γ intérieur à un ensemble E de $[\mathcal{E} \times K]$ est un point tel que tout point de $[\mathcal{E} \times K]$ suffisamment voisin de γ appartient à E : l'ensemble ouvert Ω peut contenir des points (x, k) tels que k soit une extrémité de K.

(3) Si à une valeur de k ne correspond aucun point intérieur à Ω, alors l'indice total est par définition zéro.

(4) Voir *Encyclopädie der Math. Wissenschaft*, *Analysis*, II, C.12, p. 1327-1328. M. Bernstein fait des hypothèses entraînant l'unicité de la solution des problèmes qu'il se pose; notre théorie permet de s'en libérer; c'est ainsi que M. Bernstein étudie l'équation (5) dans le cas où z n'y figure pas.

du type elliptique :

$$(3)\qquad \sum_{\substack{i=1,2,\ldots,n\\ j=1,2,\ldots,n}} A_{ij}\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}; k\right] \frac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_j} = D\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{d x_n}; k\right];$$

les valeurs frontières de z sont supposées données en fonction de k. Nous avons réussi [1] comme suit à transformer le problème en une équation fonctionnelle, $z = Z(z, h)$, *qui soit du type* (1) : nous avons introduit la fonction Z qui satisfait les conditions aux limites données et l'équation

$$(4)\qquad \sum_{\substack{i=1,2,\ldots,n\\ j=1,2,\ldots,n}} A_{ij}\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}; k\right] \frac{\partial^2 Z}{\partial x_i \partial x_j} = D\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}; k\right].$$

D'où, en particulier, les résultats suivants :

THÉORÈME. — *Si* K *contient un point k_0 en lequel*

$$D(x_1, x_2, \ldots, x_n; z; p_1, \ldots, p_n; k_0] \equiv 0$$

si les dérivées $\partial z/\partial x_i$ de toutes les solutions de (3) *qui correspondent aux divers points de k restent bornées et satisfont* [2] *dans leur ensemble à une même condition de Hölder; alors le problème de Dirichlet considéré possède une solution quelle que soit la valeur de k dans* K [3].

Corollaire. — Le problème de Dirichlet concernant le cercle et l'équation du type elliptique :

$$(5)\qquad A\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right)\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + 2B(\ldots)\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + C(\ldots)\frac{\partial z^2}{\partial y^2} = 0$$

admet toujours au moins une solution.

Les considérations s'appliquent aussi aux équations elliptiques les plus générales.

---

[1] Nous avons eu besoin de théorèmes que M. Schauder publiera incessamment dans la *Math. Zeitschrift*.

[2] Dans le cas où $n = 2$ nous avons seulement besoin de savoir que les dérivées $\partial z/\partial x_i$ sont bornées dans leur ensemble.

[3] Nous utilisons le théorème de M. Rado sur les Sattelfunktionen (*Act. Lit. Ac. Scient.*, 4, 1924-1926, p. 228-253; Von NEUMANN, *Abh. d. Math. Sem. Hamburg*, 8, 1931, p. 28-31).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques propriétés des fonctions croissantes.* Note [1] de M. **Ch. Fousianis**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une fonction $\mu(x)$ croissante telle que le rapport $\mu(x)/x$ soit également croissant et supposons que l'inégalité

$$\mu[x+\sigma(x)] < \theta\,\mu(x) \qquad (\theta > 1)$$

est satisfaite à partir d'une valeur de x, $\sigma(x)$ désignant une fonction positive.

Considérons encore une autre fonction $f(x)$, qui croît plus vite que $\mu(x)$ et vérifie l'inégalité

$$(1) \qquad f\left(x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right) > \rho\, f(x) \qquad (\rho > \theta),$$

à partir d'une valeur de x.

Ensuite, nous posons

$$\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)} = \frac{1}{\mathrm{U}(x)},$$

alors

$$f\left(x+\frac{1}{\mathrm{U}(x)}\right) > \rho\, f(x).$$

Comme nous avons

$$\mathrm{U}\left(x+\frac{1}{\mathrm{U}(x)}\right) < k\,\mathrm{U}(x) \qquad (k > 1),$$

en vertu du théorème classique de Borel, on en déduit

$$\frac{f\left(x+\frac{1}{\mathrm{U}(x)}\right)}{\mathrm{U}\left(x+\frac{1}{\mathrm{U}(x)}\right)} > \rho_1\frac{f(x)}{\mathrm{U}(x)} \qquad \left(\rho_1 = \frac{\rho}{k} > 1 \text{ en prenant } k < \rho\right),$$

ou bien

$$(2) \quad m\left(x+\frac{1}{\mathrm{U}(x)}\right) > \rho_1\, m(x) \qquad \text{avec} \quad m(x) = \frac{f(x)}{\mathrm{U}(x)} = \sigma(x)\,\mu(x) \quad \text{et} \quad \rho_1 > 1.$$

Nous posons $\mu(x)/x = \mathrm{R}(x)$.

Si le rapport $\sigma(x)/x$ tend vers l'infini, alors à partir d'une certaine valeur de x, on aura

$$x+\sigma(x) = x\left[1+\frac{\sigma(x)}{x}\right] > \theta x,$$

---

[1] Séance du 26 juin 1933.

et étant donné que la fonction $R(x)$ est croissante, nous aurons

$$[x+\sigma(x)]R[x+\sigma(x)] > \theta x R(x), \quad \text{c'est-à-dire} \quad \mu[x+\sigma(x)] > \theta\,\mu(x),$$

donc il est impossible que $\sigma(x)$ croisse plus vite que x, par conséquent le rapport $\sigma(x)/x \equiv q(x)$, pour $\lim x = \infty$, tendra vers une limite $\lambda \geqq 0$, alors vers la même limite λ tendra aussi la fonction $q[x+\varphi(x)]$, pour $\lim x = \infty$, si $\varphi(x)$ désigne une fonction quelconque, positive pour toutes les valeurs positives de x.

Par conséquent, le rapport

$$\frac{q[x+\varphi(x)]}{q(x)}$$

tendra à l'unité quand x tend vers l'infini.

Donc, nous aurons, à partir d'une valeur de x, l'inégalité

$$q[x+\varphi(x)] < K_1 q(x) \qquad (K_1 > 1).$$

Nous supposons que

$$\lim \frac{\varphi(x)}{x} = 0, \qquad \text{pour } \lim x = \infty,$$

alors on aura, à partir d'une valeur de x,

$$x+\varphi(x) = x\left[1+\frac{\varphi(x)}{x}\right] < K_2 . x \qquad (K_2 > 1),$$

on en déduit

$$[x+\varphi(x)]\,q[x+\varphi(x)] < K_1 K_2 x\, q(x), \quad \text{c'est-à-dire} \quad \sigma[x+\varphi(x)] < \alpha\sigma(x).$$

Nous pouvons appliquer ce résultat, pour

$$\varphi(x) = \sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)} = x\,q(x)\frac{\mu(x)}{f(x)},$$

parce que le rapport $\varphi(x)/x \equiv q(x)\,\mu(x)/f(x)$ tend vers zéro, étant donné que, par hypothèse, nous avons $\lim \mu(x)/f(x) = 0$ pour $\lim x = \infty$. Nous aurons ainsi

$$\sigma\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \alpha\,\sigma(x) \qquad (\alpha > 1).$$

Or, par hypothèse,

$$\mu[x+\sigma(x)] < \theta\,\mu(x) \quad \text{ou bien} \quad \mu\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \theta\,\mu(x);$$

donc

$$m\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \alpha\theta\, m(x),$$

ce qui contredit l'inégalité (2), parce que nous pouvons prendre $\alpha\theta \leq \rho_1$. Donc l'inégalité (1) est impossible; alors nous aurons

$$f\left[x + \sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \rho f(x).$$

Nous avons donc démontré le théorème suivant :

Théorème. — *Soit* $\mu(x)$ *une fonction croissante telle que le rapport* $\mu(x)/x$ *soit constamment croissant; si l'inégalité*

$$\mu[x + \sigma(x)] < \theta\mu(x) \qquad (\theta > 1)$$

est satisfaite à partir d'une valeur de x, *alors toutes les fonctions* $f(x)$, *qui croissent plus vite que* $\mu(x)$, *satisfont à l'inégalité*

$$f\left[x + \sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \rho f(x) \quad \text{avec} \quad \rho > \theta,$$

$\sigma(x)$ *désignant une fonction positive.*

MÉCANIQUE. — *Les principes d'une Mécanique générale.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude des diverses théories quantiques nous a amené à l'idée de Mécaniques ponctuelles et ondulatoires dans des espaces abstraits : ainsi avons-nous élargi sur le plan abstrait la notion de mécanique. D'autre part, nous avons montré [1] que toutes les Mécaniques, soit ponctuelles, soit ondulatoires, qu'on utilise possèdent entre elles de nombreuses analogies et des propriétés communes. Ces analogies nous ont suggéré l'idée d'englober toutes les Mécaniques ponctuelles dans une Mécanique ponctuelle générale, toutes les Mécaniques ondulatoires dans une Mécanique ondulatoire générale, à l'exemple de l'Analyse générale de M. Fréchet.

Ce sont les principes de la Mécanique ponctuelle générale que nous allons chercher ici à édifier en énonçant ses concepts et postulats.

Espace configuratif général. — Pour qu'une mécanique générale puisse être construite, il faut qu'au préalable on puisse définir un espace configuratif général, que nous désignerons par espace ($\mathcal{C}$), venant englober les divers espaces configuratifs.

Il nous semble, et nous en exposerons les raisons dans un travail plus

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1374; 196, 1933, p. 529 et 1955; *Thèse de Doctorat*, Paris, 1933.

développé, qu'on doive adopter comme espace configuratif général un espace *distancié, vectoriel, séparable, complet.*

Cinématique abstraite générale. — Comme en Mécanique classique, on doit faire précéder l'étude de la dynamique d'une étude de la cinématique, ce qui nous amène à l'idée d'une cinématique abstraite générale. On la construit en généralisant convenablement certaines notions de la Cinématique classique.

A partir de la notion de différentielle définie par M. Fréchet [1], on peut définir, lorsqu'elle existe, une vitesse instantanée.

Quantité de mouvement. — L'étude des théories quantiques nous a montré que certaines quantités p_i qui sont les quantités canoniquement conjuguées des coordonnées x_i doivent jouer un rôle fondamental dans une mécanique ponctuelle abstraite. Pour des espaces hilbertiens ou cartésiens, dans des systèmes de base orthonormaux, les p_i sont les composantes d'un vecteur $\vec{p}$, mais, pour certains espaces comme l'espace (n), nous avons trouvé que ces quantités p_i ne pouvaient être considérées comme les composantes d'un vecteur, mais comme les composantes de ce qu'on peut appeler un « pseudo-vecteur ».

Concepts et postulats de la Mécanique ponctuelle générale. — Dans les théories quantiques, lorsqu'on est conduit à définir une mécanique ponctuelle dans un certain espace, c'est toujours en considérant un point dont le mouvement est régi par des équations canoniques. Aussi, si l'on admet ces équations comme équations fondamentales d'une mécanique, il nous semble que les principes de la Mécanique ponctuelle générale peuvent être établis sous la forme suivante :

1° *Concept* « temps »;

2° *Postulat* 1 : Le point M se déplace dans l'espace $(\mathcal{C})$;

3° *Concept* « pseudo-vecteur quantité de mouvement »;

4° *Postulat* 2 : Le mouvement d'un point M de l'espace $(\mathcal{C})$ par rapport à un système de base est régi par le système d'équations canoniques :

$$\frac{dx_k}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_k}, \qquad \frac{dp_k}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_k},$$

H étant une certaine fonction des x_k, p_k, t appelée *fonction hamiltonienne.*

Cette forme de présentation de la Mécanique ponctuelle générale n'est pas très satisfaisante, tandis qu'au contraire il est plus logique de partir d'un principe d'action stationnaire, comme nous l'avons montré en parti-

---

(1) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 42, 1925, p. 293.

culier pour un espace de fonctions d'ondes, et la forme suivante nous semble présenter le plus d'avantages :

1° *Concept* « temps »,

2° *Postulat* 1 : Le point M se déplace dans l'espace $(\mathcal{C})$.

3° *Postulat* 2 : Le mouvement d'un point entre deux instants t_0 et t_1 par rapport à un certain système de base est tel que l'intégrale $\int_{t_0}^{t_1} \mathcal{L}\, dt$ soit stationnaire, $\mathcal{L}$ étant une certaine fonction du temps et des composantes de la vitesse du point mobile M, dite *fonction de Lagrange*.

Pour que, partant *a priori* de la fonction $\mathcal{L}$, on puisse parvenir à des équations canoniques, on doit supposer que les équations

$$p_k = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x'_k}$$

sont résolubles par rapport aux x'_k.

Pour définir une mécanique ponctuelle particulière, il faut se donner d'une part l'espace $(\mathcal{C})$, d'autre part la forme de la fonction $\mathcal{L}$.

Les Mécaniques particulières rencontrées jusqu'à maintenant peuvent être divisées en deux classes : celles des espaces hilbertiens ou cartésiens, et celles des espaces (n) ou (n_1).

Conclusion. — Tel est l'aboutissement naturel des travaux que nous avons précédemment consacrés aux théories quantiques envisagées dans leurs principes et leur armature, en les plaçant dans le cadre des mécaniques abstraites. Ces résultats une fois acquis, il était justifié de procéder à un essai de synthèse en englobant toutes les mécaniques ponctuelles en une Mécanique ponctuelle générale. C'est à ce but que tend cette Note qui vient en établir l'axiomatique. Elle nous paraît constituer la base logique de la Physique quantique. A notre avis, la Mécanique générale doit jouer en Physique quantique un rôle au moins aussi important que l'Analyse générale et les espaces abstraits en mathématiques.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Hydrodynamique et théorie cinétique des gaz : théorie de la tension superficielle.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. H. Villat.

En développant le calcul qui m'a conduit [1] aux équations du mouvement des gaz comprimés pour tenir compte des variations de densité dans

---

[1] *L'hydrodynamique et la Théorie cinétique des gaz*, Gauthier-Villars éditeur, 1932.

le calcul de la pression interne, j'ai pu obtenir sans difficultés le système de tensions général dans un fluide dense :

$$(1)\quad \begin{cases} P_{xx} = P - \frac{2}{3}\mu\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial z}\right) \\ \qquad + 2\mu\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\left\{\rho\,\Delta\rho - \left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2\right]\right\}, \\ P_{xy} = \mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\frac{\partial\rho}{\partial y}\right). \\ P_{xz} = \dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{cases}$$

P, pression donnée par l'équation d'état; ρ, densité; a, constante de pression interne de l'équation de Van der Waals; σ, diamètre de la molécule; M, masse moléculaire; λ, facteur numérique à peine plus grand que 1, dépendant de la loi de force choisie entre les molécules. De ce système de pressions et tensions, on tire des équations hydrodynamiques avec termes capillaires, dont il faudrait désormais tenir compte :

$$(2)\qquad \rho\frac{du}{dt} + \frac{\partial P}{\partial x} + \mu\,\Delta u + \frac{\mu}{3}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right) - \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\rho\frac{\partial}{\partial x}\Delta\rho = 0.$$

Il y a des applications évidentes à la propagation du son, elles n'ont de conséquences importantes qu'au point critique, où nos termes capillaires empêchent les fluctuations en densité de devenir infinies (¹).

L'étude de l'équilibre dans un fluide à densité non homogène (exemple : un liquide en présence de sa vapeur), faite avec les équations (1) ou (2), amène par contre à des résultats rendant compte de la *tension superficielle*. Celle-ci, que nous appellerons H, est donnée par

$$(3)\qquad H = \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 dx,$$

si x est normal aux surfaces $\rho =$ constante, l'intégrale portant sur toute la région où ρ varie; on retrouve ensuite toutes les lois de la capillarité : pression capillaire dépendant de la courbure, etc.

On peut expliciter H. L'équilibre d'une couche capillaire plane est régi par $P_{xx} =$ constante (en négligeant les forces extérieures telles que la pesanteur), ce qui donne une équation différentielle en ρ. Son intégration permet le calcul de $\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 dx$, à condition qu'on se donne une équation

(¹) *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 165.

d'état $P = P(T, \rho)$ explicite; l'équation, en fait, s'intègre par quadratures.

Au prix d'une approximation amplement justifiée numériquement, j'obtiens la formule

$$(4) \qquad H = \sqrt{\frac{2}{5}\frac{\alpha\sigma^2\lambda}{M^2}\Delta P}\,(\rho_1 - \rho_2).$$

ρ_1 désignant la densité du liquide, ρ_2 celle de la vapeur, ΔP la différence de pression entre le maximum et le minimum de $P = f(\rho)$ à la température T d'après l'isotherme théorique (en effet tous les états du fluide prévus par cet isotherme théorique à l'intérieur de la région liquide-vapeur existent dans la couche capillaire et deviennent stables par suite des termes correctifs de pression capillaire). Le calcul de ΔP doit se faire avec une équation d'état valable pour les liquides. L'équation

$$P = \frac{RT\nu^2}{\left(\nu - \frac{b}{3}\right)} - \frac{a}{\nu^2}$$

que j'ai autrefois formée convient bien aux états denses. Après calcul, elle me donne ici, pour des températures un peu éloignées de T_c,

$$(5) \qquad H = 7,32\sqrt{\lambda}\sigma\left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_c}\right) P_c\left(1 - \frac{1,03\,T}{T_c}\right)$$

P_c, T_c, ρ_c étant les grandeurs critiques. Près du point critique, on montre que H s'annule comme $(T_c - T)^{5/4}$, et il est d'autre part satisfaisant de retrouver en (5) la loi de variation de Ramsay et Schieds.

Les vérifications de la formule (5) sont pratiquement parfaites pour les corps sans dipôle électrique (Hg, O^2, N^2, etc.) ou à dipôle faible et à molécule à peu près sphérique (Cl^2, C^6H^6, CCl^4, NH^3). Il y a, par contre, des écarts notables (40 pour 100 en moyenne) pour les corps à molécule très allongée et à fort dipôle permanent (eau, alcools, acétone, etc.). On sait que ces corps présentent dans la couche capillaire des effets d'orientation qui n'ont pas été pris en considération pour établir les formules (1).

On peut en tout cas énoncer une loi des états correspondants : le quotient $H/\sigma P_c$ de la tension superficielle par la pression critique et par le diamètre de la molécule est la même fonction de la température réduite T/T_c pour tous les corps dont les molécules ont un même type de force intermoléculaire.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur quelques problèmes concernant l'écoulement des fluides parfaits compressibles.* Note de M. CAÏUS JACOB, présentée par M. Henri Villat.

1. Nous nous proposons d'étudier le mouvement plan, permanent et irrotationnel, d'un courant gazeux limité par deux lignes de jet λ, λ' de vitesse horizontale V_0 à l'infini en amont, heurtant un obstacle formé par deux lames OA, OA' symétriques par rapport à la direction OX du courant, de longueur totale $2l$ et d'angle au sommet 2μ.

On suppose que le gaz suit la loi de détente adiabatique

$$\frac{p}{\rho^\gamma} = \frac{p_0}{\rho_0^\gamma}, \tag{1}$$

p_0, ρ_0 correspondant au point O, où la vitesse est nulle, et que les vitesses des particules fluides sont inférieures à la vitesse de propagation du son.

On pose

$$V^2 = 2\alpha\tau, \qquad V_0^2 = 2\alpha\tau_0, \qquad \theta = -\operatorname{arc\,tang}\frac{\dfrac{\partial\psi}{\partial x}}{\dfrac{\partial\psi}{\partial y}}, \qquad \beta = \frac{1}{\gamma - 1}, \qquad \alpha = (\beta + 1)\frac{p_0}{\rho_0}.$$

D'après la théorie générale de Tchapliguine (*Annales de Moscou*, 1914), la détermination de la fonction de courant ψ se ramène à l'intégration de l'équation du type elliptique

$$\frac{\partial}{\partial\tau}\left[\tau(1-\tau)^{-\beta}\frac{\partial\psi}{\partial\tau}\right] + \frac{1-(2\beta+1)\tau}{4\tau(1-\tau)^{\beta+1}}\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta^2} = 0, \tag{2}$$

ψ prenant les valeurs $Q/2$, $-Q/2$, $(Q > 0)$, sur les lignes de jet λ, λ', et zéro sur OA, OA' et les lignes de jet qui s'en détachent.

2. En résolvant d'abord le problème analogue pour les fluides incompressibles, une légère modification de la méthode de Tchapliguine conduit aux développements suivants pour la fonction de courant ψ et le potentiel φ, dans le cas des fluides compressibles :

$$\psi = \frac{Q}{\pi}\sum_{n=1}\frac{1-\cos\dfrac{mn\pi}{\mu}}{n}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^{\frac{n\pi}{2\mu}}\frac{y_n(\tau)}{y_n(\tau_0)}\sin\frac{n\pi}{\mu}\theta, \tag{3}$$

$$\varphi = -\frac{Q}{\pi}(1-\tau)^{-\beta}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1-\cos\dfrac{mn\pi}{\mu}}{n}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^{\frac{n\pi}{2\mu}}\frac{y_n(\tau)}{y_n(\tau_0)}x_n(\tau)\cos\frac{n\pi}{\mu}\theta. \tag{4}$$

où m représente l'angle ($\neq 0$) que fait avec OX la direction asymptotique des lignes de jet supérieures; $y_n(\tau)$ désigne la série hypergéométrique de Gauss, $F(a_n, b_n, c_n, \tau)$, dont les éléments sont donnés par

$$(5)\qquad a_n + b_n = \frac{n\pi}{\mu} - \beta, \qquad a_n b_n = -\frac{\beta n \pi}{2\mu}\left(\frac{n\pi}{\mu} + 1\right), \qquad c_n = \frac{n\pi}{\mu} + 1.$$

On a posé

$$(6)\qquad x_n(\tau) = 1 + \frac{2\mu}{n\pi}\tau\frac{y'_n(\tau)}{y_n(\tau)}.$$

La convergence des développements (3) et (4) dans l'intervalle $(0, \tau_0)$ résulte du lemme suivant : la fonction $y_n(\tau)(1-\tau)^{-\frac{\beta n \pi}{\mu}}$ est croissante par rapport à τ, décroissante par rapport à n, si $1-(2\beta+1)\tau > 0$. (Cf. M. Henri Villat, *Cours professé à la Faculté des Sciences de Paris*, deuxième semestre, 1932-1933.)

La longueur l d'une lame, la résistance R subie par l'obstacle et la largeur $2L$ du courant à l'infini en amont, sont données par les formules

$$(7)\qquad l = \frac{Q}{V_0}(1-\tau_0)^{-\beta}\left[\frac{1-\cos m}{\sin\mu} + \pi\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{n}{n^2\pi^2-\mu^2}\left(1-\cos\frac{mn\pi}{\mu}\right)x_n(\tau_0)\right].$$

$$(8)\qquad R = 2Q\rho_0 V_0 \sin^2\frac{m}{2},$$

$$(9)\qquad 2L = \frac{Q}{V_0}(1-\tau_0)^{-\beta}.$$

Cas limites. — Le cas des lames de longueur infinie s'obtient en faisant $m = \mu$ dans les formules (3) et (4).

Si l'on fait tendre, dans les mêmes formules, m vers zéro, Q vers l'infini, avec la condition $\lim Q m^2 = 8\mu^2 a^2/\pi$, on obtient la fonction de courant et le potentiel pour un courant de largeur infinie, a^2 étant la valeur en A du potentiel du mouvement correspondant au fluide incompressible. Les séries obtenues sont convergentes pour $0 \leqq \tau < \tau_0$.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *L'âge de l'Univers et l'âge de la Terre.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'opinion unanime des astronomes que les étoiles doivent leur origine aux nébuleuses s'appuie sur les mesures des rayons des supergéantes, par Michelson, mesures confirmant la théorie des étoiles géantes de Russell. Antarès a une densité de l'ordre de 10^{-8} approchant de celle des nébuleuses

noires (10^{-10} ?) qui par leur rencontre avec les étoiles ont été dépouillées de leurs éléments denses et ont laissé un résidu moins dense (10^{-15} ?) qui constitue les nébuleuses lumineuses.

L'Univers a donc du commencer par une *ère nébuleuse* où tous les éléments chimiques se sont formés à partir des constituants révélés par la désintégration des corps radioactifs ou par les transmutations opérées par les rayons α, les neutrons, les protons, et les rayons cosmiques.

De l'ère nébuleuse date l'origine de l'Univers.

L'*ère stellaire* qui suivit a vu naître les étoiles supergéantes aux dépens des nébuleuses comme je l'ai précisé dans une Note antérieure [1]. La troisième ère (*ère planétaire*) a vu naître les planètes lorsque les supergéantes arrivées par condensation au stade de géantes ont assez accéléré leur rotation pour faciliter l'émission équatoriale d'anneaux planétaires par leur choc avec les nébuleuses existant encore dans l'espace.

A priori l'âge de la formation des éléments chimiques dans l'ère nébuleuse n'a rien de commun avec la date très postérieure de leur migration dans les tourbillons stellaires rapidement condensés en étoiles, pas plus qu'avec la date relativement récente de l'émission des anneaux planétaires par les étoiles.

Or il semble bien que dans les recherches radioactives basées sur la teneur des minéraux en hélium ou sur le rapport du plomb à la proportion du thorium et de l'uranium, une erreur capitale ait confondu toutes les dates précitées en prétendant trouver ainsi l'âge de la Terre qui varierait entre 500 et 3000 millions d'années suivant les minéraux analysés.

J'ai déjà signalé [2] que la méthode radioactive appliquée aux minéraux de la croûte terrestre devait donner l'âge de la nébuleuse rencontrée par le protosoleil, parce que la Terre avec sa croûte déjà formée a dû traverser pendant des siècles cette nébuleuse en en captant surtout les éléments denses.

Une confirmation récente de mon point de vue m'est donnée par un Mémoire d'Öpik intitulé *Les Météorites et l'âge de l'Univers* et publié par *Popular Astronomy* (février 1933, p. 71). Il y discute les analyses radioactives du professeur Paneth qui a trouvé pour 24 météorites un âge variant de 500 à 3000 millions (même résultat que par les minéraux ter-

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1321.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1327.

restres). Sur les conseils de Shapley, le professeur Paneth a analysé aussi la météorite de Pultusk (30 janvier 1868), dont l'orbite certainement hyperbolique prouve son origine extra-solaire. Il a trouvé 500 millions d'années pour son âge.

Tous ces résultats concordants et prévus par notre cosmogonie dualiste montrent que l'âge de l'Univers calculé par les méthodes radioactives est variable sans doute en raison de la variation de la masse et de la composition chimique des nébuleuses primitives.

Dans ma Note de 1926, j'ai indiqué pour l'âge de la Terre, 330 millions d'années; au moment où le protosoleil géant avait un rayon égal à 62,3 fois celui du Soleil. Il a dû être supergéant avec un rayon 215 valant celui de l'orbite terrestre.

Au même taux de réduction de son rayon que depuis la naissance de la Terre, il avait le rayon 215 il y a 1140 millions d'années, âge qui est bien dans les limites de l'âge de l'Univers.

Cet âge est en contradiction avec l'estimation de Jeans (cent mille milliards d'années). Par contre, les valeurs ci-dessus sont en bon accord avec d'autres faits et théories : l'équipartition de l'énergie et l'homogénéité de la structure galactique sont très loin d'être réalisées. Les théories d'expansion de l'Univers d'Eddington et de Lemaître, ainsi que l'expansion des nébuleuses extragalactiques, montrent que « l'Univers porte les marques de la jeunesse ». Shapley en voit une autre preuve dans la coexistence dans les mêmes amas globulaires de supergéantes et de petites étoiles bleues.

ASTRONOMIE. — *Sur l'observation d'un bolide.*

Note de M. **J. Comas Sola**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le 15 mai, à $23^h 15^m$, un bolide très brillant a été visible dans toute la Catalogne. Je n'ai pu l'observer directement, car je faisais alors une photographie de petites planètes, en visant une autre région du ciel. Mais, malgré la courte durée de la visibilité du bolide (de 5 à 6 secondes), son intense lumière a voilé fortement la plaque photographique.

D'après de nombreux renseignements que j'ai reçus de plusieurs endroits, on peut résumer les caractéristiques du bolide de la manière suivante. Il fut très brillant; à 170^{km} de distance, on pouvait lire parfaitement. D'abord il se montra blanc, puis vert, enfin rouge. Il avait une queue de filaments

lumineux et, de la tête, sortaient des jets curves de lumière qui rebroussaient vers l'arrière, en rappelant l'aspect des grandes comètes. A la fin de l'apparition, on observa comme des gouttes de feu tombant de la tête du bolide. Deux minutes environ après l'apparition du phénomène, il fut entendu comme le bruit d'un tonnerre lointain d'une durée de 15 secondes environ.

En profitant des observations faites sur les points d'apparition et de disparition du bolide et, en prenant les azimuts et hauteurs au moyen du théodolite, j'ai calculé, sur une base de 84^{km} de longueur, la trajectoire relative du météore. Dans la marge d'imprécision qu'il y a inévitablement dans ces observations, j'ai trouvé, comme hauteur du point d'apparition, 176^{km} et, pour le point de disparition, 44^{km}. La verticale du premier point tombait entre Toulouse et Castres, celle du second, sur la mer. La trajectoire visible fut de 284^{km}, avec un angle d'incidence par rapport à l'horizon de 62°. Le point de chute a dû se trouver sur la mer, à 100^{km} environ de Barcelone. La direction relative de la trajectoire était presque N-S; son angle azimutal étant de 349°. La vitesse relative moyenne était de 50 km/s; et sa vitesse héliocentrique, de l'ordre de 60 km/s. Les coordonnées équatoriales de son point d'émanation furent les suivantes : $\alpha = 5^h 41^m$; $\delta = +74° 13'$.

Bien que la vitesse fut sûrement hyperbolique, j'ai calculé les éléments paraboliques, qui ont donné; $\Omega = 54° 39'$; $i + 23° 53'$; $q = 0{,}931$; $\omega = 30° 40'$; $\pi = 203° 59'$. Eu égard à la vitesse héliocentrique, l'inclinaison serait de l'ordre de 40°.

En profitant du voile que le bolide a produit sur la plaque photographique, je l'ai comparé avec d'autres voiles produits par la pleine lune dans les mêmes conditions. En s'appuyant alors sur l'éclat stellaire de la Lune et tenant compte de la hauteur du bolide, j'en ai déduit que son intensité lumineuse totale était de 17000 millions de bougies décimales, intensité en accord avec d'autres estimations. En soustrayant les deux tiers pour la queue et les projections de matière lumineuse, on trouve pour la tête environ 5700 millions de bougies. Or, si l'on admet que la surface incandescente du noyau du bolide avait l'éclat du platine fondu (étalon Violle), on trouve pour le diamètre de ce noyau, supposé sphérique, 94^m, ce qui, dans l'hypothèse d'une masse unique, en fer, représente plus de 3 millions de tonnes.

Comme il est difficile d'admettre la réalité de cette grande masse, très

rare d'ailleurs parmi les météorites, on pourrait supposer (ce qui donnerait une explication plausible du changement de température révélé par le changement de couleur du bolide, de même que son extinction avant l'arrivée au sol) que le bolide, avant de pénétrer dans l'atmosphère, était formé, en réalité, par un amas de pierres en contact, réunies par la seule force gravifique, pierres qui se seraient éparpillées dans la course à travers l'atmosphère, se fondant et se volatilisant en grande partie et perdant la presque totalité de son mouvement relatif.

L'hypothèse des noyaux formés par des amas de pierres pourrait expliquer ainsi bon nombre de phénomènes présentés par les météorites de diverses catégories et même l'aspect des comètes, qui seraient le résultat des concentrations de corpuscules. Un bolide comme celui du 15 mai ne serait, au fond, qu'une petite comète qui se serait choquée avec la Terre.

CAPILLARITÉ. — *Phénomène de capillarité observé avec les huiles d'animaux marins*. Note [1] de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

Lors des déterminations des chaleurs de combustion des huiles d'animaux marins [2], j'avais été frappé des différences considérables de vitesse d'imbibition de la mèche de coton qui servait à enflammer le corps gras. J'ai recherché la cause des différences que j'avais observées.

J'ai d'abord voulu me rendre compte des vitesses, puis du maximum d'ascension de ces huiles. Pour cela j'ai fait plonger dans une série de capsules, contenant chacune un excès d'huile, des bandelettes de papier filtre de 1^{cm} de large et 50^{cm} de longueur maintenues verticalement. Les essais ont été faits à l'air, puis en atmosphère carbonique pour constater les modifications dues à l'oxydation des corps gras. Les ascensions ont été notées en millimètres en fonction du temps. J'ai constaté :

1° Que l'oxydation ralentissait la vitesse d'ascension et abaissait le maximum d'ascension ;

2° Que l'élévation de ces corps gras dans le papier n'est pas influencée

---

(1) Séance du 12 juin 1933.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 604.

par leur densité, leur viscosité ou même leur constitution chimique : deux huiles de composition totalement différente peuvent s'élever à la même hauteur.

J'ai alors déterminé le poids moléculaire de ces corps gras et ayant établi des graphiques dans lesquels je portais en abscisses ces poids et en ordonnées les hauteurs atteintes, j'ai constaté que l'ascension des huiles est en fonction décroissante de leur poids moléculaire. Plus celui-ci est faible, plus l'ascension est grande. Les essais ont été faits avec 30 échantillons d'huiles provenant de 22 animaux différents. Le poids moléculaire de ces huiles s'est échelonné entre 399 et 1494.

J'ai constaté, au cours des ascensions, notamment avec des huiles colorées, une sélection très nette des constituants du corps gras, ce qui pourrait, peut-être, permettre leur séparation par un siphonnage à réaliser.

J'ai ensuite contrôlé les résultats obtenus en partant d'un excès d'huile, en opérant au contraire avec une seule goutte d'huile de poids connu pour un excès de papier et en faisant varier les conditions d'étalement :

a. En déposant la goutte au milieu de la bandelette de papier maintenue verticalement.

b. En déposant la goutte au bas de la bandelette toujours maintenue verticalement.

c. En déposant la goutte sur une feuille de papier maintenue horizontalement.

Les trois séries d'expériences ont entièrement confirmé les résultats observés lorsque l'huile était en excès : l'ascension ou l'étalement sont en fonction décroissante du poids moléculaire du corps gras.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une nouvelle expression du vecteur radiant de Poynting.* Note [1] de M. F. **Prunier.**

Des relations établies, au voisinage du front [2], pour un phénomène électromagnétique se propageant par ondes (au sens d'Hugoniot), on tire

---

[1] Séance du 26 juin 1933.
[2] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1007.

immédiatement deux groupes de trois équations

$$MX - LY = (L^2 + M^2 + N^2)\frac{G_3}{H}, \qquad \ldots,$$

$$MX - LY = (X^2 + Y^2 + Z^2)\frac{G_3}{H}, \qquad \ldots,$$

évidemment compatibles, et trois équations de la forme

$$c(MX - LY) = \frac{1}{2}(X^2 + Y^2 + Z^2 + L^2 + M^2 + N^2)\frac{cG_3}{H}, \qquad \ldots.$$

Pour des ondes sinusoïdales de grande fréquence, les mêmes équations seraient valables dans tout l'espace avec une erreur insignifiante pour une fréquence assez élevée.

Les premiers membres sont les composantes du vecteur de Poynting, dont on obtient ainsi une expression qui paraît nouvelle. Dans les seconds membres, le facteur $1/2\,(X^2 + \ldots + N^2)$ représente la densité de l'énergie; le facteur $cG_{1,2,3}/H$, d'après ce que nous disions dans la Note rappelée, pourrait figurer une vitesse. Et ceci s'accorde avec la signification du vecteur radiant, mesurant le flux d'énergie dans la propagation.

Il est intéressant de remarquer aussi que les composantes $cG_{1,2,3}/H$ se transforment d'un système d'axes à un autre, en relativité restreinte, par des formules en tous points identiques aux formules de composition des vitesses.

SPECTROSCOPIE. — *Extension du spectre d'étincelle du cuivre entre* 400 *et* 240 Å. Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Nous avons publié récemment [1] une liste des raies d'étincelle du cuivre entre 1377 et 385 Å, obtenues par photographie au moyen d'un appareil à réseau tangent dans le vide. Grâce à de nouveaux perfectionnements, nous avons pu prolonger le spectre du cuivre jusqu'à 240 Å environ. Nos clichés correspondent bien à la reproduction publiée par Edlén et Ericson et les mesures de longueurs d'onde ont été faites en utilisant les étalons du carbone d'Edlén. Dans la première partie de notre liste, les nombres donnés

---

(1) L. Bloch, E. Bloch et J. Farineau, *Le Journ. de Phys. et le Rad.*, 7e série, 3, no 10, 1932, p. 437-451.

Liste des raies du cuivre.

Int.	λ.	Millikan.	Int.	λ.	Millikan.	Int.	λ.	Millikan.	Int.	λ.	Millikan.
1	383,33	—	1	349,59	—	2	328,70	—	00 C?	281,50	281,6
1	382,91	—	0	348,88	—	3	328,40	—	00	281,16	—
0	382,45	—	1	348,24	348,2	1	327,65	—	1 C?	280,53	—
0	379,64	—	0	347,82	—	0	327,31	—	2 C?	280,17	—
3	379,31	379,3	00	347,22	—	1 d	326,60	—	0	279,42	—
0	377,82	377,6	00	346,73	—	1	325,66	—	00	278,32	278,6
0	377,46	—	2	346,04	—	2	325,49	—	00	277,55	
00 d	375,69	—	2	345,35	345,4	1	324,95	—	00	276,86	—
00	375,13	374,7	0	344,80	—	4	324,54	324,5	00 d	272,96	272,6
00 d	374,47	—	00	344,23	—	3	323,81	—	00	272,14	—
00 d	373,32	—	00	343,68	—	0	323,51	—	0	271,30	—
00	371,26	371,4	3	342,71	342,6	0	322,85	—	00	270,51	—
00	370,72	—	00	342,37	—				0	269,71	270,1
0	370,04	—	00	341,46	—		Extrapolé.		3 d	268,46	268,8
00 C?	369,38	—	2	340,11	—	00	311,99	312,4	3 d	267,25	
00	368,68	—	2	339,90	339,8	00	310,76	—	0	266,69	—
0	366,86	367,0	1	339,44	—	0 C?	310,25	310,1	00	265,34	
1	364,86	—	00	339,09	—	00	304,75	—	00	264,20	
1 C?	363,98	364,0	00	338,71	—	0	304,12	304,2	0	263,23	
1	362,97	—	1	338,32	—	00	303,63	—	0	262,66	—
1	361,90	—	1	336,26	—	00	303,17	—	2	262,11	262,4
2	361,28	361,0	1	335,90	335,8	00	302,43	—	1 d	261,52	—
1	360,90	—	1	335,54	—	1	301,07	—	2 d	264,98	—
3	359,87	—	0	335,10	—	0	300,13	—	0	254,52	255,0
3 C?	358,85	—	00	334,66	—	0	299,37	299,5	1	253,96	—
1	358,25	—	2	334,23	—	00	297,26	297,2	00	253,32	
3	357,89	358,0	2	333,58	—	00 C?	291,41	—	00	252,64	252,9
0	357,31	—	0	333,09	—	1	287,94	—	00	251,81	—
00 d	356,61	—	3	332,86	333,2	1	286,63	286,5	00	250,96	—
0	355,41	355,3	0	332,41	—	1	285,66	—	00	250,03	
0	354,82	—	00	331,80	—	0	285,10	—	0	242,07	241,9
00	353,60	353,6	00	331,54	—	3	284,75	—	00	241,58	
00	352,98	—	0	331,22	—	3	284,38	—	0	241,05	
00	352,29	—	2 C?	330,70	—	3	283,97	283,6	0	240,40	—
00	351,40	—	2	329,81	—	3	283,25	—			
00	350,55	—	1	329,52	—	0 d	282,40	—			
0	350,01	350,5	3	329,01	329,2	0	282,10	—			

sont généralement exacts à 1 ou 2 centièmes d'Angström près, dans la partie extrapolée, l'erreur est plus grande, surtout pour les longueurs d'onde les plus courtes. Nous avons porté en regard de nos nombres les longueurs d'onde obtenues par Millikan à l'aide d'un réseau utilisé en montage d'Eagle. L'accord général est satisfaisant, mais nos déterminations sont beaucoup plus nombreuses et plus précises que celles de Millikan.

FLUORESCENCE. — *Sur la fluorescence à raies atomiques de la vapeur d'antimoine.* Note de M. **R. Siksna**, transmise par M. M. de Broglie.

La fluorescence de la vapeur d'antimoine a été examinée par M. A. Terenin (¹) et M. J. Genard (²). Terenin a excité cette vapeur par les raies de Sb et il a trouvé que les raies excitatrices de la fluorescence atomique de Sb sont λ2311,5, λ2175,9 et λ2068,4 A. Ces raies, d'après Terenin, sont également les raies d'absorption atomique de Sb, et, dans l'absorption, elles proviennent du passage de l'atome d'antimoine du niveau non excité $^4S_{3/2}$ aux niveaux $^4P_{1/2}$(2311,5 Å), $^4P_{3/2}$(2175,9 Å) et $^4P_{5/2}$(2068,4 Å). Les autres raies observées par Terenin dans la fluorescence, correspondent aux passages de ces trois niveaux ^4P aux deux niveaux ^2D : λ2877,9 Å ($^4P_{1/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$), λ2670,7 Å ($^4P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$), λ2769,9 Å ($^4P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$) et λ2598,1 Å ($^4P_{5/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$).

En excitant la vapeur de Sb par un arc au mercure, Genard a trouvé, dans la région entre λ 2900-3500 Å, six séries du spectre de résonance de Sb moléculaire.

En étudiant la vapeur d'antimoine, nous avons mis en évidence deux nouveaux phénomènes dans sa fluorescence.

La vapeur se trouvait dans une ampoule en silice munie d'un appendice latéral afin de pouvoir faire varier la pression de la vapeur indépendamment de la température. Au moyen de deux fours électriques, il était possible de faire varier la température et la pression.

En éclairant dans ces conditions la vapeur de Sb par la lumière d'une étincelle de Cd fortement condensée, on a observé dans le spectre de la fluorescence deux raies atomiques de Sb : λ 2877,9 Å (intense) et λ 2311,5 Å

(¹) *Zeit. f. Phys.*, 37, 1926, p. 98.
(²) *Nature*, 131, 1933, p. 133.

(plus faible). La température de la vapeur était 950° C., la pression correspondant à la même température. En abaissant la température dans le four de pression jusqu'à 520° C., cette émission reste toujours observable, mais les raies deviennent graduellement plus faibles. A une pression correspondant à 360° C., elles ne sont plus décelables.

Les deux raies observées de Sb appartiennent à un des groupes trouvés par Terenin. On peut expliquer leur émission par une excitation purement atomique. La raie λ 2312,9 de Cd II est voisine de la raie λ 2311,5 de Sb et par conséquent cette dernière peut absorber la lumière dans les ailes de la première. Par suite de cette absorption l'atome de Sb passe de l'état $^4S_{3/2}$ à l'état $^4P_{1/2}$. Le retour $^4P_{1/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$ donne la raie λ 2311,5 Å et celui $^4P_{1/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$ la raie λ 2877,9 Å. La raie $^2D_{3/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$ se trouvant dans l'infrarouge n'a pas été observé.

En excitant la vapeur de Sb par la lumière d'une étincelle de Zn fortement condensée, on a observé également la fluorescence à raies atomiques de Sb, mais avec un caractère différent.

A la température de 900° C. et à la pression correspondant à la même température, on a observé, dans le spectre de fluorescence, les raies de Sb : λ 2289,0, λ 2455,5 (très faible), λ 2528,5 (très intense), λ 2598,1 (très intense), λ 2670,7, λ 2877,9, λ 3029,8, λ 3232,5 Å. On a constaté en outre dans la région λ 2900-3500 Å une émission présentant le caractère de bandes. Les mêmes raies atomiques de Sb apparaissent pour une pression correspondant à la température de 600° C., mais elles sont plus faibles. Sur un cliché on a constaté la raie λ 2311,5 Å et peut-être les raies λ 3504,5 et λ 3637,8 Å. Au contraire, l'émission observée entre λ 2900-3500 Å sous forme de bandes devient plus intense, plus riche et change probablement aussi son caractère. Sous une pression correspondant à la température 400° C. l'intensité de la fluorescence est trop faible pour être décelée par nos moyens.

L'arrangement des termes du spectre de l'antimoine est donné par Mc Lennan et Mc Lay [1], Charola [2] et Lang et Vestin [3]. Ces données ne sont ni complètes ni déterminées d'une façon univoque.

---

(1) *Trans. of Roy. Soc. of Canada*, **19**, 1925, p. 89.

(2) *Phys. Zeits.*, **31**, 1930, p. 457.

(3) *Phys. Rev.*, **42**, 1932, p. 233.

On peut ranger les raies observées dans le schéma suivant :

2289,0	$P''_{3/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$	2670,7	$^4P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$
2445,5	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$	3504,5	$^4P_{3/2} \rightarrow {}^2P'_{3/2}$
2528,5	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$	2311,5	$^4P_{1/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$
3029,8	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2P'_{1/2}$	2877,9	$^4P_{1/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$
3232,5	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2P'_{3/2}$	3637,8	$^4P_{1/2} \rightarrow {}^2P'_{1/2}$
2598,1	$^4P_{5/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$		

les parties accoladées formant un groupe.

Mais il est impossible d'expliquer l'existence de ces états excités de l'atome de Sb par l'absorption de l'antimoine atomique. Il est certain, au contraire, que les raies de Zn sont absorbées par les molécules de Sb. L'apparition des atomes excités est sans doute le résultat d'une dissociation de la molécule excitée par voie optique. L'émission des raies citées ci-dessus serait donc due à une absorption d'origine moléculaire suivie d'une dissociation.

En raison de la faible intensité de la fluorescence des « bandes » dans la région λ 2900 — 3500 Å, il a été impossible jusqu'à présent d'indiquer leur origine.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveaux procédés d'examen des métaux au point de vue de leur hétérogénéité et de leur résistance à la corrosion.* Note de M. **Prot** et M[lle] **N. Goldovsky**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons utilisé avec succès les deux procédés suivants pour étudier l'hétérogénéité des métaux et pour examiner la résistance à la corrosion de lames métalliques minces.

I. *Application des réactifs colorés.* — Si l'on plonge un alliage hétérogène ou un assemblage de métaux différents dans une solution électrolytique, des couples électriques se constituent entre les divers métaux ou entre les différentes parties de l'alliage et la concentration en ions hydrogènes devient hétérogène dans la solution. Un indicateur coloré de pH peut faire apparaître cette hétérogénéité.

En utilisant un indicateur de ce genre et en stabilisant la solution par un colloïde approprié (gélatine), nous avons pu mettre au point un procédé pratique permettant de déceler des hétérogénéités susceptibles d'être l'origine de corrosions dangereuses, notamment sur des alliages légers de la famille des duralumins.

Un contrôle des traitements thermiques, des rivetages et des soudures peut être fait par ce procédé d'une façon rapide et commode, même sur des ensembles construits, sans détruire ni même détériorer la pièce essayée.

Les indicateurs que nous utilisons donnent, pour des pH allant de 4 (acides forts) à 12 (bases fortes), une gamme de colorations qui reproduisent approximativement les couleurs du spectre.

II. *Essais de corrosion d'éprouvettes minces.* — Les essais, utilisés jusqu'à maintenant pour caractériser la résistance à la corrosion d'un métal ou d'un alliage (perte de poids, perte de caractéristiques mécaniques, forces électromotrices de dissolution, etc.), ne sont pas propres à déceler aisément un danger pourtant grave pour les tôles destinées à la construction des réservoirs ou des flotteurs de matériel aéronautique : la corrosion par piqûres.

En opérant sur des éprouvettes de faible épaisseur ($0^{mm},1$), nous avons pu mettre en évidence en très peu de temps (quelques jours pour des duralumins dans l'eau de mer) des corrosions de cette nature. Un simple tirage par contact sur papier photographique donne un document reproduisant l'aspect de la corrosion obtenue.

Pour obtenir les éprouvettes, on constitue avec la tôle à essayer et par soudure autogène, des cylindres de 70^{mm} de diamètre et de 60^{mm} de hauteur; on alèse ces cylindres, on les monte sur un mandrin et on les tourne extérieurement jusqu'à ce qu'ils aient l'épaisseur voulue. On parvient, avec des précautions mais sans difficultés excessives, à obtenir une épaisseur de $0^{mm},1$ avec une tolérance qui ne dépasse pas $0^{mm},01$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse des sels de cuivre des acides organiques.* Note de M. G. **Kravtzoff**, présentée par M. G. Urbain.

L'électrolyse d'une solution aussi neutre que possible d'acétate de cuivre à 10 pour 100 a permis à Schützenberger [1] d'obtenir des dépôts électrolytiques dont l'aspect et les propriétés différaient de ceux des dépôts de cuivre ordinaire. Pour Schützenberger les différences de propriétés seraient dues à la présence d'une variété allotropique de cuivre, alors que pour Wiedemann [2] ce serait seul l'oxyde cuivreux qui serait responsable de

(1) *Comptes rendus*, **86**, 1878, p. 1265; *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, **51**, 1879, p. 291.

(2) *Pogg. Ann.*, 2e série, **6**, 1879, p. 81.

ces modifications. En outre Benedicks [1] a reconnu la présence de carbone dans les dépôts.

Il m'a paru intéressant, de reprendre ces études et de les étendre à d'autres sels organiques de cuivre que l'acétate, afin de voir si le phénomène découvert par Schützenberger offrait un caractère de généralité.

L'électrolyse des sels de cuivre des acides formique, acétique, propionique, lactique, monochloracétique, trichloracétique et benzène-sulfonique, a été effectuée dans différentes conditions de concentration, d'acidité et de densité de courant.

L'aspect des dépôts qui sont cassants et souvent friables diffère suivant la nature des solutions électrolysées et les conditions d'électrolyse; il varie de la couleur du cuivre électrolytique normal à la couleur bleue noire en passant par la couleur bronzée (cas de l'acétate).

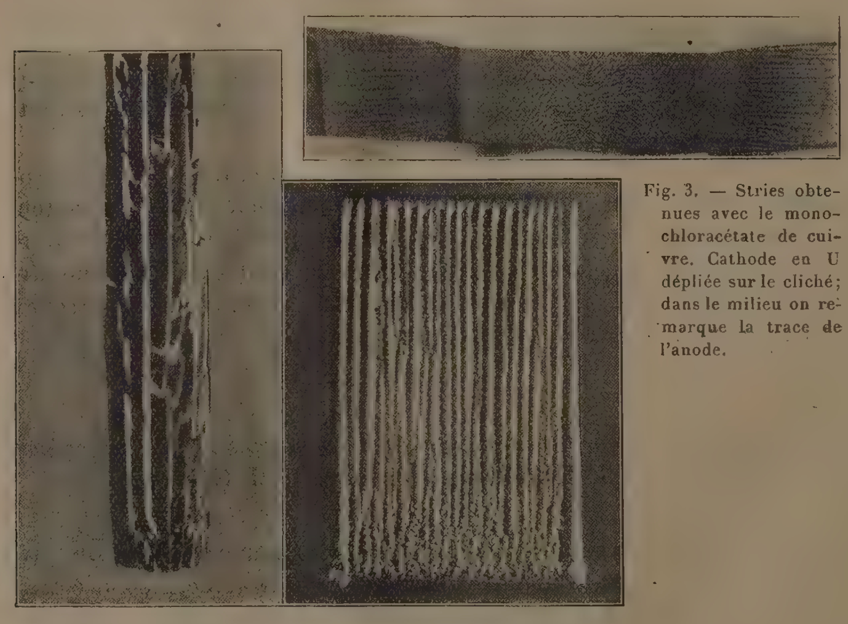


Fig. 3. — Stries obtenues avec le monochloracétate de cuivre. Cathode en U dépliée sur le cliché; dans le milieu on remarque la trace de l'anode.

Fig. 1. — Stries obtenues à partir du trichloracétate de cuivre.

Fig. 2. — Stries obtenues à partir du monochloracétate de cuivre.

Avec le propionate, le monochloracétate et le trichloracétate les dépôts présentent le phénomène particulier des stries qui a été déjà observé par différents auteurs lors de l'électrolyse d'autres solutions (sulfate de cuivre,

(1) *Met.*, 4, 1907, p. 1.

colloïde, nitrate d'argent, sels de cadmium dans l'ammoniac liquide) etc.

Ces stries qui dessinent parfaitement les lignes de courant (voir photographies ci-contre) ne prennent naissance que si l'on a soin de ne pas agiter l'électrolyte, leur formation est indépendante de la structure et de la nature de la cathode; par contre leur écartement diminue quand la densité de courant s'accroît, elles n'apparaissent pas lors de l'électrolyse de solutions diluées de propionate de cuivre.

On constate également que des dépôts obtenus par électrolyse prolongée de solutions de trichloracétate de cuivre sous faible densité de courant sont verts dans toute leur épaisseur.

L'examen aux rayons X par la méthode des poudres de Debye et Scherrer confirme que ces dépôts contiennent une quantité notable d'oxyde cuivreux ainsi que l'avait signalé Allen et ses collaborateurs [1] dans le cas de l'acétate de cuivre.

Valeur du rapport Cu (dépôt)/Cu (coulomètre).

Solution.	Concentration gr Cu/litre.	Densités de courant en milliamp/dm². 200.	400.	800.
Formiate (sans agitation)	17,10	1,25	1,16	1,08
	8,55	1,16	1,08	1,00
	4,27	1,08	0,99	0,98
Formiate (avec agitation)	17,10	–	1,08	–
Acétate	15,88	1,21	1,11	1,05
	7,94	1,09	1,04	1,01
	3,97	0,99	0,98	0,97
	11,9 +	–	1,00	–
	(260 gr/lit d'acide acétique dans la proportion de 1/4)			
	11,9	–	1,07	–
	11,9 +	–	1,00	
	(acétate de sodium sat. dans la proportion de 1/4)			
Propionate	14,60	1,47	1,28	1,21
	7,30	1,15	1,10	1,05
	3,65	1,08	0,98	0,96
Monochloracétate	28,01	–	1,33	–
	21,25	–	1,03	–
Trichloracétate	25	–	1,0	
Lactate	23,87	–	1,02	–
Benzène-sulfonate	41,5	–	1,03	–

D'autre part le rapport du cuivre total du dépôt au poids de cuivre déposé dans un coulomètre placé en série dans le circuit est presque toujours supérieur à 1, ce qui indique qu'il y a une surcharge dont la majeure partie est constituée par de l'oxyde cuivreux; cette surcharge diminue : 1° avec l'aug-

(1) S. J. M. Allen, H. Kersten et S. Maas, *Physics*, 3, 1932, p. 169.

mentation de la densité de courant; 2° l'augmentation de la dilution ; 3° avec l'augmentation de l'acidité; 4° avec l'agitation. Ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessus.

Les trois premières conditions conduisent à penser que l'oxyde cuivreux provient de l'hydrolyse de sels cuivreux formés au cours de l'électrolyse dans le compartiment cathodique, cette hypothèse est confirmée par la mesure du pH (électrode de verre) qui indique une augmentation d'acidité après électrolyse. L'analyse des dépôts révèle toujours une teneur assez faible et variable en carbone, les dépôts obtenus contenaient 0,07 pour 100 de carbone dans le cas du formiate, 0,6 pour 100 dans le cas de l'acétate et 0,8 pour 100 dans le cas du propionate.

RAYONS X. — *Étude du niveau* M *du fer aimanté.*
Note de M. **Privault**, présentée par M. Jean Perrin.

Comme suite aux recherches que j'ai décrites précédemment ([1]), j'ai analysé le rayonnement K émis par une anticathode de fer froide, aimantée aux trois quarts de la saturation. Dans mes premières recherches, je n'avais pu atteindre que le quart de la saturation.

L'appareil employé est un électro-aimant de forme spéciale, dont le circuit magnétique est coupé par des plaques isolantes de micanite, de 2^{mm} d'épaisseur. On peut ainsi établir entre les deux pôles une différence de potentiel de 20000 à 30000 volts.

L'un des pôles est creusé de façon à contenir un filament émetteur d'électrons. L'autre pôle est refroidi par un courant d'eau. Un cylindre de verre, mastiqué aux deux pôles, permet de faire le vide entre ceux-ci et de faire fonctionner cet appareil en tubes à rayons X.

On aurait pu craindre que l'établissement du champ magnétique, en comprimant les plaques de micanite, ne rapproche les deux pièces polaires et ne produise l'écrasement du tube de verre ou des mastiquages. En fait, celles-ci étant maintenues fortement serrées par des étriers de fer isolés, il ne se produit aucun rapprochement des pièces polaires, supérieur à 0^{mm},005, précision obtenue avec un microscope de pointage ordinaire. L'établissement du champ, une fois l'appareil monté, n'a jamais donné lieu à aucun bris de verre, ni à aucun descellement du tube.

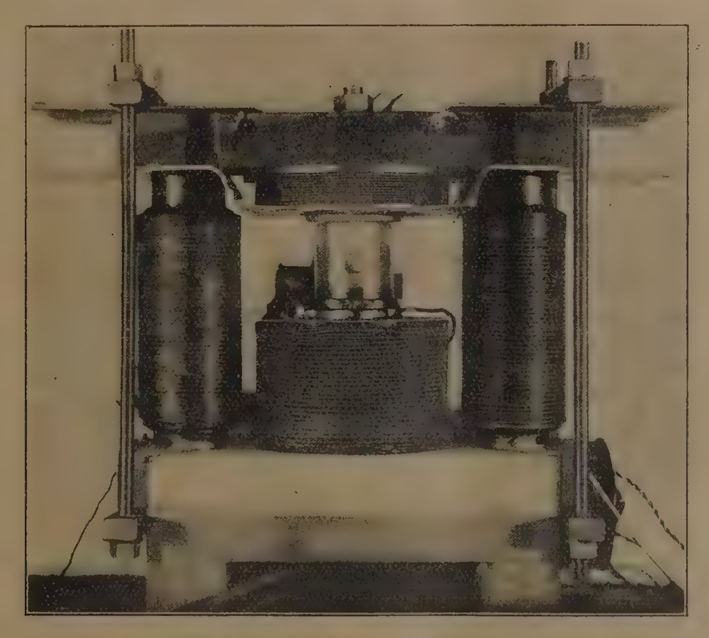
La force magnéto-motrice était produite par deux bobines, placées

---

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 854.

autour de chacune des pièces polaires; l'une était alimentée par les batteries du laboratoire, l'autre par une batterie de 6 volts, 100 A. H., isolée du sol, et portée toute entière au potentiel de 20000 volts.

Ces bobines produisaient un échauffement assez rapide des mastiquages, malgré un refroidissement par un violent courant d'air produit par un ventilateur. Ce fait obligeait à n'opérer qu'avec des champs de 15500 gauss dans l'entrefer (ce qui correspond aux trois quarts de l'aimantation de saturation), et à fractionner la pose en périodes de 1 heure, séparées par 1 heure de refroidissement.



L'appareil, considéré comme tube à rayons X, fonctionnait dans les mêmes conditions que l'appareil décrit dans ma Note précédente : tension de 20000 volts, intensité de 1 milliampère, tache cathodique de 14^{mm^2}, ce qui correspond à un gradient de température de 65° et à une température de la surface émettrice de l'anticathode très probablement inférieure à 100°.

Le rayonnement était analysé à l'aide du même spectrographe, et les clichés obtenus ont été étudiés par les mêmes procédés, et avec la même précision que dans mon précédent travail.

Dans ces conditions, je n'ai trouvé aucun changement d'apparence des

raies $\beta_1 (\lambda = 1753,01$ U.X) et $\beta_5 (\lambda = 1740,80$ U.X), qui proviennent des niveaux M_3 et M_5. Ces raies restent fixes à 0,03 U.X et 0,06 U.X près respectivement.

Je puis donc affirmer que, dans les conditions de mes expériences, les niveaux M_3 et M_5 du fer restent fixes à 0,2 et 0,4 Ve près respectivement.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité de quelques éléments de terres-rares.* Note de M. **Wenli Yeh**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les travaux de Hevesy-Pahl ([1]) d'une part et ceux de M. Curie-Takvorian ([2]) d'autre part ont montré que le samarium émet des rayons α de faible parcours.

Nous avons cherché si, parmi les autres éléments de la série de terres-rares, il y en a qui soient aussi radioactifs, en prenant garde que les éléments examinés soient chimiquement purs. Un compteur du genre Geiger-Müller est particulièrement sensible pour cette recherche, car il permet d'enregistrer individuellement les rayons lorsqu'on opère dans des bonnes conditions.

Les sels purs que nous avons examinés sont des oxalates de lanthane, de néodyme et de samarium, obligeamment mis à notre disposition par M. Takvorian. Les sels étaient tamisés en couche uniforme sur un support en laiton ou en carton et introduit dans le compteur même. Le compteur est en laiton, il a un diamètre intérieur de $2^{cm},4$ et une épaisseur de $0^{cm},4$, ce qui permet l'introduction d'un cadre qui tient axialement le fil anode, d'un diamètre de $0^{mm},05$, oxydé ou non. Sous la pression de 6^{cm}, la tension négative appliquée à notre compteur varie de -1180 à 1300 volts. Comme le rayonnement est faible, on peut compter à 5 pour 100 près le nombre des particules à l'aide de l'électromètre Lutz-Edelmann. D'autre part le compteur est entouré de plomb de 10^{cm} d'épaisseur afin d'éliminer ou de diminuer le rayonnement pénétrant et le rayonnement cosmique. D'ailleurs on compare chaque fois le nombre de particules avec substance à examiner, et sans substance, de manière à éliminer les effets naturels qui sont dûs aux rayons cosmiques et à la radioactivité locale. Voici les résultats dont chaque nombre est la moyenne de lectures faites pendant 20 à 30 minutes, le nombre total de particules atteignant de 500 à 1000 environ.

([1]) Hevesy-Pahl, *Nature*, 130, 1932, p. 846.

([2]) M. Curie-Takvorian, *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 923.

a. Lanthane (surface $7^{cm^2},5$).

Nombre par minute avec sel	12,5
Effet naturel (sans sel)	12,0

b. Néodyme I. — Couche mince (surface $10^{cm^2},5$).

Nombre par minute avec sel	20	20,6	23
Effet naturel	12,6	13	13,4
Différence	8,4	7,6	9,6

Néodyme II. — Couche épaisse : 2^{mm} (surface $12^{cm^2},7$).

	Sans écran.		Al (1/100mm).
Nombre par minute avec sel	23,7	Rayonnement du sel absorbé	14,7
Effet naturel	12	»	12
Différence	11,7	Différence	2,7

c. Samarium. — Couche de saturation ($1^{mm},5$).

	Surface 2^{cm^2}.	Surface 4^{cm^2}.
Nombre par minute	30,9	52,8
Effet naturel	10	10
Différence	20,9	42,8

2. D'après nos expériences, on voit donc que le lanthane n'est pas actif, contrairement aux résultats de Libby-Latimer ([1]), d'après lesquels cet élément ainsi que le néodyme seraient actifs en rayons β (le lanthane serait 8 fois plus actif que KCl). Nous croyons que cette forte activité, que nous n'avons pas constatée, doit provenir de substances radioactives non séparées de leurs sels. Nous avons nous-mêmes constaté une forte activité de l'oxyde d'erbium, mais nous ignorons encore s'il est chimiquement pur.

D'autre part, nos expériences semblent montrer une très faible activité du néodyme; il émettrait des rayons α dont l'intensité comparée en surface avec celle du samarium, serait 13 fois plus faible. On peut cependant interpréter cette activité comme due à une impureté.

([1]) Libby-Latimer, *J. of. Am. chem. soc.*, 55, 1933, p. 433.

RADIOACTIVITÉ. — *Spectrographie, par diffraction cristalline, des rayons γ et X de la famille du radium.* Note de M. **M. Valadares**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons repris l'étude [1] du spectre γ du dépôt actif du radon, par la méthode de diffraction cristalline, en vue d'augmenter, au-dessous de 100 UX, la précision des mesures des raies connues, et ceci pour deux raisons : 1° pour pouvoir distinguer lesquelles de ces raies doivent être considérées comme des raies de fluorescence des corps en présence; 2° pour contrôler la précision des mesures absolues des énergies des rayons γ déduites de l'analyse du spectre β naturel de ces éléments.

Nous avons employé l'appareil qui a déjà servi à M. Frilley pour ses recherches sur le même sujet. Comme la cause principale d'erreur dans ces mesures réside dans l'imprécision de la détermination de la distance des raies à la tache centrale directe, nous avons essayé de diminuer l'erreur relative en étudiant les spectres, de deuxième et troisième ordre, pour les raies plus intenses. Comme source rayonnante, nous avons employé des ampoules très minces contenant de l'émanation du radium.

Le tableau I contient le spectre de premier ordre (déduit de ceux de deuxième et troisième ordre observés), les données des expériences de Frilley et les longueurs d'onde des rayons X émis par le bismuth [résultats de Réchou [2] et de Stephenson et Cork [3]]; les deux dernières colonnes contiennent les nombres qu'on peut calculer pour les mêmes raies en se basant sur les énergies des différents niveaux électroniques de l'élément 83 déduites à partir des spectres d'absorption; pour les énergies des niveaux L nous avons employé les valeurs de Sandström [4]; pour celles des niveaux M les données de Lindberg [5] (M_{II} étant extrapolée); pour le niveau K on a pris d'une part les valeurs de Duane [6] (colonne I) et d'autre part celles de Mack et Cork [7] (colonne II) :

---

(1) Rutherford et Andrade, *Phil. Mag.*, **27**, 1914, p. 854; **28**, 1914, p. 262; Frilley, *Thèse*, Paris 1928.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1107.

(3) *Phys. Rev.*, **1**, 1926, p. 138.

(4) *Zeit. f. Phys.*, **65**, 1930, p. 632.

(5) *Zeit. f. Phys.*, **54**, 1929, p. 632.

(6) *Bull. Nat. Res. Counc.*, **1**, 1920, p. 6.

(7) *Phys. Rev.*, **30**, 1927, p. 741.

Spectre γ et X du Ra B + C.			Spectre X du Bi (expérimental).			Spectre X du Bi (calculé).		
Frilley.	Intensité.	Valadares.		Réchou,	Step.-Cork.		I.	II.
135	faible	—		—	—		—	—
140	forte	138,9±0,5	K_{β_2}	136,21	......		138,5	138,2
144	forte	143,0±0,5	$K_{\beta_{1,3}}$	142,20	142,05	K_{β_3}	143,0	142,6
						K_{β_1}	142,2	141,8
147	très faible	—		—	—		—	—
149	très faible	—		—	—		—	—
155	moyenne	—		—	—		—	—
161	très forte	160,7±0,3	K_{α_1}	160,91	160,41		161,0	160,6
166	forte	165,8±0,3	K_{α_2}	165,73	165,25		166,0	165,5
170	faible	—		—	—		—	—
190	faible	—		—	—		—	—
210	faible	—		—	—		—	—
232	assez forte	232,7±0,4		—	—		—	—

L'accord est bon non seulement pour les raies K_α, qui avaient été déjà interprétées par des auteurs précédents comme étant des raies de fluorescence, mais encore pour les raies $K\beta$ considérées jusqu'ici comme des rayons γ. Nous trouvons d'ailleurs que le rapport des intensités, entre les raies 160,7 et 143,0, est 3:1, ce qui est en accord satisfaisant avec le rapport des intensités des raies K_{α_1} et K_{β_1} dans un tube à rayons X (en moyenne 100:24). Remarquons encore que ces raies apparaissent dans le spectre du dépôt actif du thoron [1] et avec un aspect général parfaitement identique. Toutes les raies fortes de cette région sont donc des raies de fluorescence; pour les raies faibles, la précision des mesures n'a pas pu être augmentée du fait qu'il est très difficile de les observer dans les ordres supérieurs; il nous semble pourtant que même les raies faibles (à l'exception de la raie 149 UX) doivent être encore des raies de fluorescence (éléments 82 et 84).

Pour contrôler, d'une façon tout à fait indépendante, nos mesures nous avons employé le procédé suivant. On sait que l'énergie d'extraction des électrons K de l'iridium est 76,2 kv (162 UX) [2]; si l'on introduit dans le trajet du faisceau de rayons γ un écran en iridium, la raie 160,7 doit être beaucoup plus absorbée que 165,8, vu qu'à celle-ci correspond une énergie qui n'est pas suffisante pour produire l'effet photoélectrique sur la couche K de l'iridium. En effet, en employant un écran d'iridium de $0^{mm},7$ d'épaisseur,

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 856.
(2) Mack et Cork, *loc. cit.*

nous avons vérifié que la raie 160,7 devient beaucoup plus faible que 165,8; pour un écran de $1^{mm},4$, la raie 160,7 n'est pas visible, même sur des clichés où 165,8 est très forte (les clichés seront donnés dans une autre publication). Remarquons encore que, sur ces clichés, on aperçoit les raies K_α de l'iridium ce que nous a permis un deuxième contrôle; nous avons déterminé ainsi, pour K_{α_1} de l'iridium, la valeur 190,8 UX, les valeurs connues étant 190,70 (Réchou) et 190,65 (Stephenson et Cork).

La raie γ 232,7 UX nous a servi pour contrôler les mesures absolues des rayons β. En 1925, Ellis et Skinner ont étudié le spectre β naturel du dépôt actif du radon et ont conclu à l'existence d'un rayonnement γ de 53,6 kv (230 UX); la différence entre cette valeur et celle que nous trouvons ne serait pas admissible. Pourtant, dans un travail récent sur le spectre β du dépôt actif du thoron, Ellis [1] a vérifié que ces anciennes mesures étaient trop élevées. Une nouvelle étude du spectre β du Ra B + C n'a pas encore été faite; cependant en admettant la même correction (7 pour 100 sur $H\rho$) que pour le spectre du Th B + C la raie de 53,6 kv devient 53,1 kv. Cette nouvelle valeur tombe déjà dans les limites des erreurs possibles de nos mesures ($232,7 \pm 0,4$ UX; $53,03 \pm 0,08$ kv); mais il semble que même les valeurs des dernières mesures absolues du spectre β soient encore légèrement en excès.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Composition des moments électriques chez les polyalcools. Moments des dipôles associés.* Note de MM. **Pierre Girard** et **P. Abadie**, présentée par Jean Perrin.

Dans une Note précédente [2], nous avons vu à quelles conclusions, quant à la forme et à l'association des molécules, conduisait l'étude de la dispersion et de l'absorption dans le Hertzien de différents polyalcools.

Dans cette Note, nous aurons en vue l'étude de la constante diélectrique statique (ε_1) du glycol éthylénique, de la glycérine, de l'érythrite, de la xylite, de la sorbite, de la mannite, de l'α-glucoheptite et de l'α-glucoheptulite, à l'état liquide ou fondu et à la même température. Le résultat est que, dans ces conditions, les valeurs trouvées pour ε_1 sont très voisines,

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 835, 1932, p. 318.
(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1995,

d'autant plus voisines que les corps absorbent moins (contiennent moins d'impuretés, d'eau notamment).

Tableau I.

Polyalcools.	Température.	ε_1.	ε_1 de la Glycérine.
Glycol	20°	37,6	40
Érythrite	120	28,2	26,6
Xylite	20	40	40
Sorbite	80	33,5	32,5
Mannite	170	24,6	22
Glucoheptite	120	27,4	26,6
Glucoheptulite	120	27,1	26,6

Or on sait que ε_1 est proportionnel à la concentration c (nombre de dipôles par unité de volume), à la densité du milieu (d) et à la polarisabilité γ des molécules. Ce terme γ est lui-même la somme de deux termes $(\gamma' + \gamma'')$, γ' désignant la polarisabilité induite, différant peu d'une sorte de molécule à l'autre et petite par rapport à γ'' qui est la polarisabilité permanente. L'expression de celle-ci est de la forme $\gamma'' = \mu^2/3\,\mathrm{KT}$, où μ désigne le moment permanent du dipôle et K la constante de Boltzmann. En sorte qu'on est conduit à cette conclusion que, pour ces différents polyalcools, à la même température, le produit $\mathrm{C}\mu^2$ est sensiblement constant. Ou bien encore, si on désigne par μ_1 le moment élémentaire correspondant au groupement alcool primaire ou secondaire, pour l'un et l'autre groupement μ_1 est égal en moyenne à $1{,}6.\,10^{-18}$ u.e.s., le moment de la molécule du polyalcool sera égal à $\mu_1\sqrt{n}$, n désignant le nombre de fonctions alcool figurant dans la molécule. Or, nous avons vu, dans notre précédente Note, que d'un polyalcool à l'autre pour une température définie le degré et la modalité d'association des dipôles deux à deux, trois à trois, etc. différaient beaucoup. Les dipôles associés conservent d'ailleurs leur caractère polaire. Ainsi, que la variation de c résulte d'un nombre croissant de fonctions alcool figurant dans la molécule, ou qu'elle résulte de l'association de molécules polaires formant de nouveaux dipôles, le moment de la nouvelle molécule formée, ou celui des nouveaux dipôles résultant d'une association, sera toujours tel que $\mathrm{C}\mu^2 = \mathrm{const.}$

Comme les deux processus sont très différents : construction de molécules à partir de dipôles de même sorte dans le premier cas; association de dipôles de même sorte dans le deuxième cas, on peut penser que cette loi

de formation du moment

$$\mu = \mu_1 \sqrt{n}, \quad \text{(I)}$$

où μ_1 désigne soit le moment d'un groupement fonctionnel, soit le moment d'une molécule, est générale, du moins dans le cas particulièrement simple d'édifices construits seulement avec des « briques » de même sorte. On peut faire la remarque que la relation $C\mu^2 = \text{const.}$ rend impossible d'envisager, en ce qui concerne les polyalcools, une modalité d'association telle que les dipôles associés aient un moment nul et cessent d'osciller dans le champ alternatif.

En appliquant à ces différents polyalcools la relation (I) on trouve, pour leurs moments μ, les valeurs suivantes :

Tableau II.

Glycol	$2,3.10^{-18}$
Glycérine	2,8 »
Érythrite	3,2 »
Xylite	3,6 »
Sorbite	3,9 »
Mannite	3,9 »
α-Glucoheptite	4,2 »
α-Glucoheptulite	4,2 »

Dans la molécule même une disposition parallèle des moments élémentaires doit être écartée. Elle conduirait d'ailleurs, quelque hypothèse qu'on fasse quant à leur orientation, à une contraction de ces moments, elle-même fonction du nombre de groupements alcool. On doit donc supposer des moments qui se composent de telle façon que les moments résultants aient les valeurs figurant dans le Tableau II [1].

L'interposition dans la molécule d'un ou plusieurs groupements CH^2, par exemple dans le propylène glycol $CH^2OH - CH^2 - CH^2OH$ ou du pentandiol $CH^2OH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2OH$, ne change rien à la valeur du moment qui reste celui de la molécule du glycol éthylénique. Les variations de la valeur de ε_1 correspondant exactement aux variations de la masse moléculaire.

---

[1] Il paraît plausible de supposer les groupements alcool mobiles les uns par rapport aux autres. Mais si la molécule était rigide, M. Parrod nous fait remarquer qu'une loi d'angle de 90° présidant à la composition des moments rendrait compte des valeurs du Tableau II.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre par variation de masse.* Note (¹) de M. **R. Étienne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les résultats exposés dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887) peuvent être retrouvés et complétés en employant la représentation graphique que j'utilise depuis longtemps dans mon Cours. Considérons un mélange gazeux formé de n_1, n_2, n_3 molécules des gaz A_1, A_2, A_3, dans lequel joue la réaction $\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 = \nu_3 A_3$ (← sens positif).

1. *Représentation de la réaction chimique.* — Supposons que partant du mélange M la réaction joue x fois. n_1, n_2, n_3, deviennent respectivement $n_1 + \nu_1 x$, $n_2 + \nu_2 x$, $n_3 - \nu_3 x$. Le mélange obtenu M′ peut être considéré comme résultant virtuellement de l'addition au mélange M (n_1, n_2, n_3) de x fois le mélange S(ν_1, ν_2, $-\nu_3$) représenté par le point S de concentrations $\sigma_1 = \nu_1/\Sigma\nu_1$, $\sigma_2 = \nu_2/\Sigma\nu_1$, $\sigma_3 = -\nu_3/\Sigma\nu_1$. L'application de la règle des mélanges montre alors que le point résultant M′ est sur la droite MS, entre M et S si x est positif (décomposition : MM′), au delà de M si x est négatif (combinaison : NN′). La démonstration ci-dessus est entièrement basée sur le fait que les quantités $\nu_1 x$, $\nu_2 x$, $-\nu_3 x$ qui apparaissent ou disparaissent sont proportionnelles aux coefficients ν_1, ν_2, ... *Le déplacement du point* M *sur une droite passant par un point fixe* S *n'est donc autre chose que la traduction graphique de la loi des proportions définies qui caractérise essentiellement la réaction chimique.*

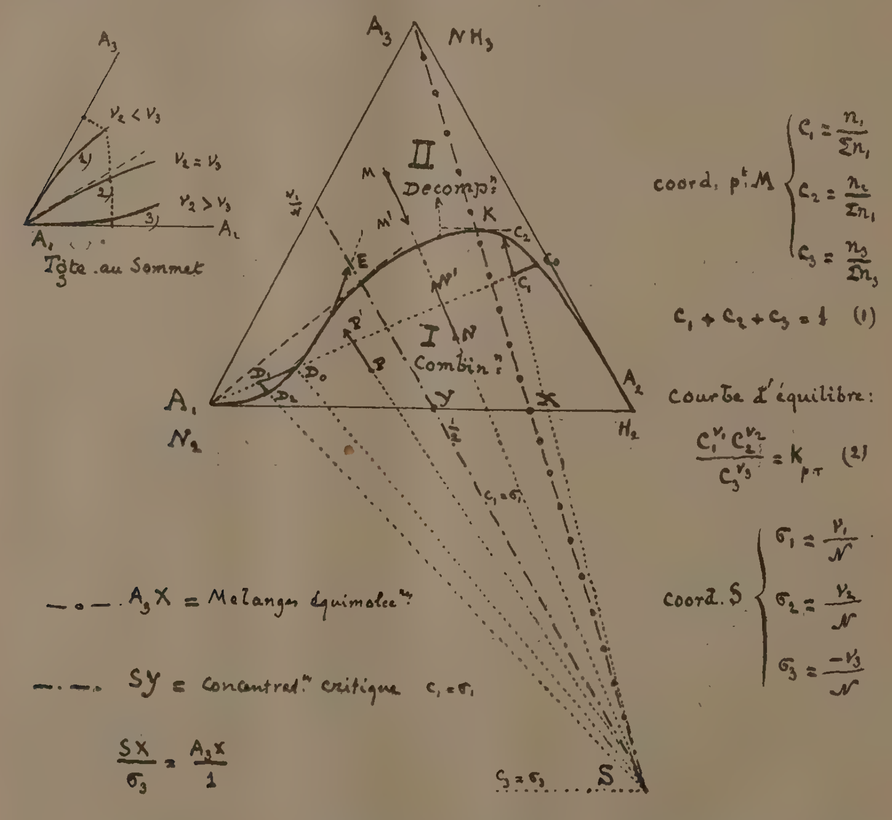
2. *Concentrations.* — Lorsque, la réaction jouant, M se déplace sur SM, les concentrations varient dans un sens qui dépend de la façon dont la droite SM s'écarte des droites c = constante issues du point S. Effectuons, par exemple, la combinaison, N s'éloigne de S en s'écartant de plus en plus de la droite $c_1 = \sigma_1$ (SY parallèle à $A_2 A_3$). Par suite c_1 s'éloigne de σ_1 (*concentration critique*), diminuant si : $c_1 < \sigma_1$ (point N), augmentant dans le cas contraire (point P).

3. *Courbe d'équilibre.* — La courbe d'équilibre à p et T const. passe par les sommets A_1 et A_2. Elle présente un maximum K situé sur la ligne A_3X des mélanges équimoléculaires. L'allure de la courbe au voisinage d'un sommet tel que A_1 se déduit de la variation de c_2/c_3 lorsque c_2 et c_3 tendent vers zéro. Ce rapport tend vers o, $\sqrt[\nu_2]{k}$ ou ∞ suivant que ν_2 est

(¹) Séance du 26 juin 1933.

inférieur, égal ou supérieur à ν_3. D'où les dispositions de courbe 1, 2 et 3.

La courbe d'équilibre sépare le plan en deux *régions* (états hors d'équilibre). Dans la région I, le retour à l'équilibre s'effectue par une réaction éloignant N de S, soit une *combinaison* de A_1 et A_2 et dans la région II, par une réaction rapprochant M de S : *décomposition* de A_3.



4. *Déplacement de l'équilibre.* — Prenons un état d'équilibre C_0 sur l'arc EA_2. Donnons un accroissement à la masse du composant A_1. D'après la règle des mélanges, le point représentatif se déplace sur la droite C_0A_1 en direction de A_1 et vient en C_1 dans la région I. Le retour à l'équilibre se fait alors par la réaction de combinaison C_1C_2. *L'accroissement de masse de A_1 a donc provoqué la réaction qui consomme A_1* (*règle classique*).

Partons maintenant de l'état d'équilibre D_0 sur l'arc A_1E. L'accroissement de masse de A_1 nous amène cette fois en D_1 dans la région II. Le retour à l'équilibre se fait suivant D_1D_2 par une réaction de décomposition.

L'accroissement de masse de A_1 *a donc provoqué dans ce cas la réaction qui produit une quantité supplémentaire de* A_1 (*règle classique inversée*).

Le point E, qui sépare les arcs A_1E et EA_2 correspondant aux deux cas envisagés, est le point de contact de la *tangente* menée de A_1 à la courbe d'équilibre. Quand le tracé de cette tangente est-il possible ? Écrivons la relation $dc_2/c_2 = dc_3/c_3$ qui exprime que la tangente passe par A_1, ajoutons les relations (1) et (2) différenciées et éliminons $dc_1\ dc_2\ dc_3$. Nous obtenons la condition cherchée $c_1 = \nu_1/\mathcal{N} = \sigma_1$ qui exprime que le point E est sur la droite SY. Cette droite rencontre la courbe si $\nu_1/\mathcal{N} < 1$, c'est-à-dire si $\nu_2 > \nu_3$.

On arrive immédiatement au même résultat en examinant l'allure de la courbe en A_1. Le tracé de la tangente considérée n'est évidemment possible que dans la disposition de courbe 3 (croquis annexe) où la courbe part de A_1 tangentiellement à A_1A_2. On a alors $\nu_2 > \nu_3$.

5. *Variation de la concentration au cours de la réaction provoquée.* — Si l'on rapproche les résultats obtenus en 2 et 4, on constate que c'est au passage de la *même valeur critique* $c_1 = \sigma_1$ que se produit, dans un cas, le changement de sens de la variation subie par la concentration du fait de la réaction chimique et, dans l'autre cas, le changement du sens de la réaction provoquée par un même accroissement de masse de A_1.

Il en résulte, comme on le constate facilement sur le graphique, que l'accroissement de masse de A_1 peut provoquer tantôt la réaction directe, tantôt la réaction inverse, mais, *dans tous les cas, au cours de la réaction provoquée, la concentration de* A_1 *diminue, et inversement.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés chimiques des sulfures de zirconium.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note récente, nous avons indiqué les modes de préparation et les propriétés physiques des sulfures de zirconium S^2Zr, S^5Zr^3 et S^3Zr^2.

Nous décrirons maintenant leurs propriétés chimiques.

Avec le chlore sec agissant sur les trois sulfures précédents, du chlorure de zirconium commence à se volatiliser respectivement à 250°, 235° puis 250°.

Le brome sec, en présence d'air, les transforme lentement en bromure dès la température ordinaire. La présence d'eau rend la réaction plus rapide et l'oxydation du soufre totale.

L'oxygène conduit à l'obtention d'anhydride sulfureux, de sulfate basique et d'oxyde. Les réactions débutent respectivement à 180°, 225° et 350°, et acquièrent une vitesse appréciable vers 250°, 300° et 350°.

Le soufre en vapeur entraîné dans un courant d'hydrogène reste inactif jusqu'à 800°. Comme avec l'acide sulfhydrique, les dérivés moins sulfurés que S^2Zr se transforment lentement en ce dernier à 1000°.

Ces corps sont stables en présence d'eau, soit à froid, soit à l'ébullition. A partir de 200°, on observe la production partielle et très lente de sulfate, d'acide sulfhydrique et d'oxyde.

La formation de chlorure, au moyen de l'acide chlorhydrique sec, s'effectue à 165°, 210° et 280°. Le même acide en solution aqueuse concentrée ne réagit pas sur S^3Zr^2, même à l'ébullition. Les deux autres sulfures donnent très lentement de l'acide sulfhydrique et du chlorure. Avec l'acide dilué à 10 pour 100 la réaction reste très lente à froid mais devient rapide à l'ébullition.

L'anhydride sulfureux réagit comme agent oxydant. Il donne du soufre, de l'oxyde et du sulfate basique, à des températures inférieures à celles où l'oxygène gazeux est actif. Le début de la réaction s'observe à 140°, 170° et 175°; la vitesse devient notable à 210°, 265° et 265°.

L'acide sulfurique dilué à 10 pour 100 donne très lentement, spécialement avec S^3Zr^2, de l'acide sulfhydrique et un sulfate soluble. Avec l'acide concentré et froid, c'est, au contraire, ce sulfure qui s'attaque le plus facilement. Il se produit en outre du soufre libre et un sulfate acide insoluble. La réaction n'est complète qu'après plusieurs jours. S^5Zr^3 se transforme plus lentement, et S^2Zr n'est nettement attaqué qu'après 24 heures.

L'ammoniac réagit à 1000°, il se forme une azoture inattaquable par le brome; même après 5 heures de chauffe, 25 pour 100 seulement du sulfure est transformé. Le même réactif, en solution aqueuse, à froid ou à l'ébullition est sans action sur S^3Zr^2 et S^5Zr^3. Par contre, S^2Zr perd une partie de son soufre.

L'acide azotique concentré donne lieu à une attaque violente à froid. Il se produit des vapeurs nitreuses, du soufre et du nitrate dissous. Il ne se forme pas de sulfate. Si l'acide est dilué à 10 pour 100, il se dégage de l'acide sulfhydrique mais il n'y a toujours pas de sulfate.

L'anhydride carbonique sec agit lentement à 500° en donnant de l'oxyde de carbone, du soufre et de la zircone.

A 1000°, dans l'hydrogène, le magnésium désulfure ces composés.

La lessive de soude est sensiblement sans action, même à l'ébullition sur

S^3Zr^2. Par contre S^2Zr se transforme totalement, en 24 heures à froid et très rapidement à chaud; en solution, on trouve du sulfure de sodium et, en résidu insoluble, de la zircone hydratée. Le composé S^5Zr^3 subit une attaque beaucoup plus lente et partielle.

Les sulfures de plomb et d'antimoine, en présence d'hydrogène à 1000°, ne fournissent pas de sels doubles.

Les oxydants, en solution aqueuse, ont une action en général très lente. Il faut excepter S^2Zr qui est rapidement transformé par l'eau oxygénée neutralisée. En quelques minutes, la réaction est complète. Il se dégage de l'acide sulfhydrique, de l'acide sulfurique reste en solution aqueuse et la zircone insoluble à l'état de sulfate basique. S^5Zr^3 est aussi attaqué à froid mais beaucoup plus lentement; enfin S^3Zr^2 ne se transforme qu'après quelques minutes et avec une faible vitesse.

Le permanganate de potassium en solution aqueuse bouillante n'oxyde que lentement ces composés. Le soufre est solubilisé à l'état de sulfate de potassium.

Le ferricyanure de potassium a une action très faible, même sensiblement nulle sur S^2Zr.

En résumé, l'activité des réactifs sur les sulfures de zirconium diminue d'une façon générale au fur et à mesure que le composé est moins sulfuré. Par contre, S^2Zr est stable dans l'acide nitrique dilué alors que S^3Zr^2 est totalement transformé en 24 heures. La solution de ferricyanure de potassium et l'acide sulfurique concentré agissent dans un sens identique.

Les propriétés physiques et chimiques très différenciées des trois sulfures S^2Zr, S^5Zr^3 et S^3Zr^2 permettent de considérer ces trois composés comme nettement définis.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide borique sur les chlorures et nitrates alcalino-terreux.* Note de M. **Peng Chung-Ming**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'action de l'acide borique sur les chlorures et nitrates alcalins a déjà fait l'objet d'une étude de Hackspill, Rollet et Andrès ([1]). Ces auteurs ont chauffé dans un courant de vapeur d'eau des mélanges d'acide borique et de chlorure ou de nitrate alcalins. Ils ont constaté la formation dans la plupart des cas de pentaborate : $5B^2O^3M^2O$.

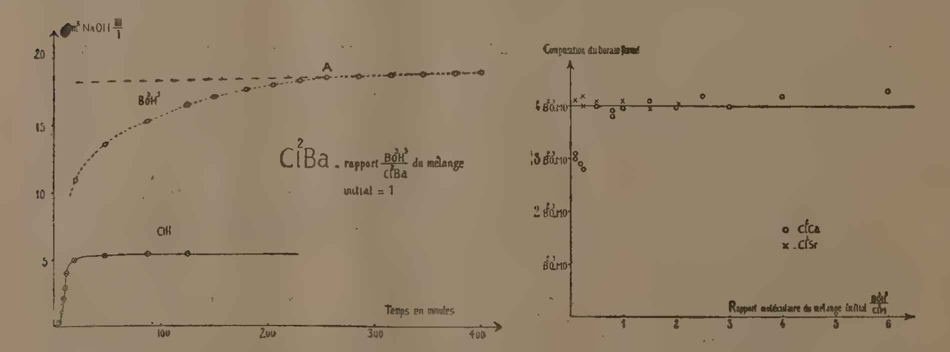
([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 48.

J'ai abordé une étude similaire sur les chlorures et nitrates alcalino-terreux. Le dispositif expérimental est à peu de chose près celui qui se trouve décrit dans une publication de Rollet et Andrès [1].

De la vapeur sèche est amenée sur un mélange d'acide borique et de chlorure alcalino-terreux. Le rapport moléculaire : BO^3H^3/Cl^2M du mélange est compris entre 0,1 et 6. La température, maintenue constante à 10° près, est comprise selon l'expérience entre 150 et 300°. La réaction est suivie en fonction du temps par titrage de l'acide chlorhydrique libéré. On dose également l'acide borique entraîné par le courant de vapeur d'eau.

D'une façon générale l'allure de la réaction est celle que représente la figure 1. Avec le chlorure de baryum et de strontium, il se produit un dégagement très rapide d'acide chlorhydrique qui cesse au bout de peu de temps. Par contre, de l'acide borique continue longtemps encore à se dégager.

Cet acide borique dégagé correspond au début, à une partie sublimée qui s'échappe du mélange traité et vient se condenser dans la région plus froide de l'appareil. Au bout d'un certain temps, cet acide borique est



finalement entraîné par la vapeur d'eau. A partir de ce moment (point A de la figure 1) le dégagement d'acide borique est très lent mais régulier. Il continue longtemps et correspond à une hydrolyse lente du borate formé. Cette décomposition paraît conduire au monoborate.

D'après les courbes de la réaction, il est facile de calculer les quantités de chlorure transformé et d'acide borique fixé. On obtient ainsi la composition du borate riche en acide borique formé, quand cesse le dégagement

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1065.

d'acide chlorhydrique. Dans quelques cas, en arrêtant l'expérience à ce moment, on a contrôlé par l'analyse du résidu la formule du borate. On a toujours obtenu : $4B^2O^3.MO$.

Avec le chlorure de calcium, le tétraborate formé se détruit rapidement, et une partie de l'acide borique, qui se dégage alors, réagit sur l'excès de chlorure en donnant lieu à un dégagement lent et continuel d'acide chlorhydrique. En employant un excès de chlorure (rapport moléculaire inférieur à 0,3), le tétraborate de calcium formé est détruit si rapidement que le calcul et l'analyse du résidu ne cadrent plus avec la formule $4B^2O^3.CaO$. Il n'est pas impossible qu'il y ait formation intermédiaire du chloroborate $B^2O^5, 3CaO, CaCl^2$ isolé par H. Le Chatelier [1], mais mes expériences ne l'ont pas mis en évidence. Par contre, en se tenant entre les rapports moléculaires 0,3 et 6, on arrive à une composition très voisine de celle du tétraborate.

L'étude de l'action de l'acide borique sur les nitrates alcalino-terreux m'a conduit aux mêmes résultats.

Des tétraborates alcalino-terreux ont déjà été signalés dans la littérature scientifique par Laurent [2] et Ditte [3]; Sborgi [4] étudiant à 30° les systèmes ternaires $H^2O — B^2O^3 — CaO$ et $H^2O — B^2O^3 — BaO$ n'en a pas mis en évidence. Par contre, de Carli [5] a signalé un tétraborate de baryum $4B^2O^3.BaO$.

En résumé, l'étude de l'action de l'acide borique sur les chlorures et nitrates alcalino-terreux montre la formation de tétraborates alcalino-terreux : $4B^2O^3.MO$. La vapeur d'eau décompose lentement ces sels en leur enlevant de l'acide borique, de telle manière qu'en poursuivant l'expérience très longtemps (plusieurs mois) on arriverait sans doute au monoborate B^2O^3CaO.

---

(1) Le Chatelier, *Comptes rendus*, **99**, 1884, p. 275.

(2) *Comptes rendus*, **6**, 1850, p. 33.

(3) *Comptes rendus*, **96**, 1883, p. 1663; *Ann. Chim. et Phys.*, 5e série, **30**, 1883, p. 248.

(4) *Atti Accad. Lincei*, 6e série, **22**, 1913, p. 798. et **23**, 1914, p. 854.

(5) *Atti Accad. Lincei*, 6e série, **5**, 1927, p. 41.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les bétaïnes phénylméthyléthylées et phénylméthylpropylées stéréo-isomères.* Note de Mme **Guaisnet-Pilaud**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai montré récemment (¹) qu'il existe des isomères géométriques inactifs dérivés de l'azote pentavalent asymétrique : L'iodacétate de méthyléthylaniline (I), traité par un excès d'oxyde d'argent, fournit deux *hydrates* à 1 et $2 H^2O$, qui correspondent à deux *bétaïnes* (II) dont la composition chimique est la même, mais dont les propriétés diffèrent; les deux hydrates donnent le même chloroplatinate, mais l'un fournit *exclusivement* un *oxalate acide anhydre* fusible à 124°,5, dans les conditions où l'autre se transforme en un mélange d'*oxalate neutre*, fusible à 166°, et d'*oxalate acide hydraté*, fusible à 60°,5, une partie de l'acide oxalique restant non combiné.

$$C^6H^5N\begin{cases}CH^3\\C^2H^5\\CH^2-CO^2C^2H^5\\I\end{cases}\quad (I). \qquad C^6H^5N\begin{cases}CH^3\\C^2H^5\\O\diamond CH^2\\CO\end{cases}\quad (II).$$

La démonstration de l'existence de cette isomérie est aujourd'hui complétée par le fait remarquable que, lorsqu'on isomérise par la chaleur (²) chacun des hydrates, on obtient deux *éthers phénylalcoylamino-acétiques* différents : le *monohydrate* fusible à 175°,5 fournit, en effet, du *phénylméthylamino-acétate d'éthyle* (III), tandis que le *dihydrate* ne donne que du *phényléthylamino-acétate de méthyle* (IV) avec un peu de méthyléthylaniline :

$$C^6H^5.N\begin{cases}CH^3\\CH^2.CO^2C^2H^5\end{cases}\quad (III). \qquad C^6H^5.N\begin{cases}C^2H^5\\CH^2.CO^2CH^3\end{cases}\quad (IV).$$

La constitution des deux éthers a été établie comme précédemment (³) par transformation en *amides*; celles-ci ont été identifiées avec des produits synthétiques.

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1286.

(²) Willstaetter et Kahn, *D. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 401.

(³) B. Tchoubar, *Étude de la combinaison de l'iodacétate d'éthyle avec quelques amines aromatiques tertiaires mixtes* (*Diplôme d'Études supérieures*, Paris, juillet 1932).

L'isomérisation a été réalisée suivant les indications de Willstaetter et Kahn (*loc. cit.*) : déshydratation prolongée dans le vide à 100°, puis distillation du résidu, également dans le vide. L'*éther N-méthylé* (III) bout à 137-138° sous 14^{mm}, et fournit, par action de NH^3 aqueuse concentrée en vase clos, *l'amide phénylméthylamino-acétique* $C^6H^5N\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown CH^2.CO.NH^2\end{matrix}$, en aiguilles fusibles à 162°. (Calculé pour $C^9H^{12}N^2O$: N, 17,07; trouvé 17,0). *L'éther N-éthylé* (IV) bout à 147-148° sous 15^{mm}; *l'amide* correspondante cristallise en aiguilles fusibles à 108°. (Calculé pour $C^{10}H^{14}N^2O$: N pour 100, 15,73; trouvé, 15,91).

J'ai obtenu parallèlement une *paire d'hydrates* dérivant de deux bétaïnes stéréo-isomères en appliquant la même réaction (oxyde d'argent) à l'*iodacétate de méthylpropylaniline* (B. Tchoubar, *loc. cit.*) :

$$\begin{matrix} & \diagup CH^3 \\ C^6H^5N & - C^3H^7 \\ | & \diagdown CH^2 - CO^2C^2H^5 \\ I & \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} & \diagup CH^3 \\ C^6H^5N & - C^3H^7 \\ O\langle & \rangle CH^2 \\ & CO \end{matrix}$$

En fractionnant le produit brut, on isole un *monohydrate* fusible à 172° (aiguilles prismatiques) et un *dihydrate* fusible à 81°,5 (petits prismes); ce dernier se forme seul lorsqu'on opère sur l'*iodacétate cristallisé* (B. Tchoubar), tandis que le *gel global* conduit au mélange des deux hydrates. D'autre part, l'isomérisation par la chaleur des dérivés propylés fournit des résultats analogues à ceux obtenus avec les dérivés éthylés.

Il y a lieu de signaler encore que la production des paires d'hydrates paraît liée à la *dissymétrie initiale* de l'amine tertiaire, car la diméthylaniline et la diéthylaniline fournissent dans les mêmes conditions un seul iodacétate cristallisé et une bétaïne hydratée homogène. Le fait que les amines dissymétriques donnent naissance dans une même réaction à deux iodacétates et à deux hydrates bétaïniques inégalement stables, constitue un argument nouveau en faveur de l'interprétation de Jones (1) rappelée dans ma précédente Note.

---

(1) *Chem. Soc.*, 85, 1904, p. 223; 87, 1905, p. 1721.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la vraie nature d'une prétendue dihydropyrocatéchine.* Note de MM. **G. Dupont** et **E. Urion**, présentée par M. Matignon.

Dans l'étude faite par l'un de nous, en collaboration avec J. Lussaud [1], des goudrons solubles de pin, nous avons séparé un constituant cristallisé, fondant à 104°, de formule $C^6H^8O^2$, auquel, par suite de ses propriétés physiques et chimiques, nous crûmes pouvoir attribuer la formule de la dihydropyrocatéchine :

COH
HC ... COH
CH² ... CH
CH²
(Forme énolique.)

ou

CO
H²C ... CO
H²C ... CH²
CH²
(Forme cétonique.)

Nous avons cependant fait des réserves sur ce point, car la dihydropyrocatéchine était jusqu'alors inconnue et il ne nous fut pas possible d'en réaliser la synthèse.

Le second signataire de la présente Note obtint, de son côté, par décomposition du divinylglycol sur le cuivre réduit, un corps qu'il identifia parfaitement avec le précédent et dont il réalisa l'étude sous son double aspect d'α-dicétone cyclique et de composé diénolique [2]. Il crut pouvoir conserver la formule attribuée à ce corps.

Or, dans un travail récent [3] Riley, Morley et Friend ont indiqué une méthode assez générale de préparation d'α-dicétones par oxydation des monocétones à l'aide de l'oxyde de sélénium. Appliquée à la cyclohexanone, cette méthode leur a donné l'*o*-cyclohexane-dione qui doit être, sous sa forme diénolique, la dihydropyrocatéchine.

Or cette dicétone diffère complètement, par ses dérivés, du produit obtenu par nous. L'un de nous a contrôlé cette non-identité en reprenant

---

(1) G. Dupont et J. Lussaud, *Ann. de l'Office Nat. des Combustibles liquides*, 3, 1929, p. 467.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1662.

(3) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1875.

la préparation suivant Riley. Il a obtenu un corps fondant à 38-40° [1], donnant une bis-phénylhydrazone fondant à 152°, et une quinoxaline fondant à 91°. Notre produit fondant à 104° n'est donc pas la dihydropyrocatéchine. Nous avons pu l'identifier au contraire avec un isomère, la méthyl-3-cyclopentanedione-1.2, ou plutôt sa forme énolique :

```
CO———————CO                     HOC ——— COH
|          |                      //      \\
H²C         CH—CH³      ou     CH          C—CH³
  \       /                      \        /
    CH²                             CH²
```

La formation de cette méthyl-3-cyclopentanedione-1.2, lors de la déshydrogénation du divinylglycol, par catalyse sur cuivre réduit, s'expliquerait ainsi : migration $\alpha\gamma$ de 2 atomes d'hydrogène

```
CH²=CH—C[H]OH          CH³—CH=COH
        |         →           |
CH²=CH—C[H]OH          CH³—CH=COH
```

Cette forme énolique se cycliserait ensuite par arrachement de 2 atomes d'hydrogène portés par les carbones (1) et (5)

```
COH——COH                  COH——COH
||      ||                ||      ||
CH      C[H]—CH³    →     CH      C—CH³
  \    /                    \    /
   [H]                       CH²
   CH²
```

CHIMIE ORGANIQUE. — *Halogénation directe des alcools arylaliphatiques.* Note de Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. Delépine.

Nous avons déjà étudié [2] l'halogénation directe de l'alcool phényléthylique primaire. Nous avions constaté que par action de $2^{mol},5$ de brome ou de chlore sur 1^{mol} d'alcool, à froid, en présence de limaille de fer ou

---

[1] Ce corps avait déjà été signalé par divers auteurs dans des périodiques assez peu répandus : Meyerfeld, *Chem. Zeitg.*, 36, 1912, p. 549; Ferdinand Rühl, *Diss. Braunschweig*, 1925; C. A. Rojan et F. Rühl, *Arch. der Pharm. u. Ber. der Pharm. Ges.*, 264, 1926, p. 211.

[2] MM. L. Palfray, S. Sabetay, Mlle D. Sontag, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 622.

d'iode, on pouvait obtenir, avec des rendements intéressants, les alcools halogénophényléthyliques. Ces alcools sont des mélanges d'isomères.

Le brome conduit ainsi à un mélange de bromure de phényléthyle, d'alcools bromophényléthyliques et de bromures de bromophényléthyle, à côté d'un peu d'alcool que l'on récupère inaltéré.

Dans le cas du chlore, l'oxhydryle n'est pas atteint et, à côté de l'alcool récupéré, on n'isole que des alcools chlorés dans le noyau, ce qui est en rapport tout naturellement avec la différence d'activité des hydracides vis-à-vis de l'oxhydryle alcoolique.

Il nous a paru intéressant d'étendre cette étude aux homologues inférieur et supérieur de l'alcool phényléthylique.

Les constantes de tous les dérivés benzyliques, obtenus d'ailleurs par une autre voie, sont connues. Au contraire, les alcools γ-phénylpropyliques halogénés dans le noyau n'ont pas encore, à notre connaissance, été décrits.

Alcool benzylique bromé. — La réaction du brome sur l'alcool, à froid, est vive et tend à s'emballer; il y a dégagement presque immédiat de BrH. Les corps obtenus ont été analysés par dosage du brome. A partir de 100^g d'alcool, on a eu : alcool récupéré, 21^g; bromure de benzyle, 69^g; bromobromure de benzyle, 33^g; alcool benzylique bromé, $1^g,5$.

On voit donc que l'oxhydryle en α par rapport au noyau est tellement sensible à l'action de BrH issu de la bromuration du noyau, qu'il n'est pratiquement pas possible de préparer par cette voie les alcools halogénobenzyliques.

Alcool phénylpropylique bromé. — Dès qu'il est introduit, le brome provoque un échauffement assez notable. Après un conctact de 15 jours, le produit de la réaction est neutralisé, soumis à l'action de $B(OH)^3$ en excès, sous vide partiel, à 120°, pendant plusieurs heures. Puis on distille pour chasser les dérivés halogénés de la chaîne; le borate restant est hydrolysé par entraînement à la vapeur en présence de soude. Par distillation, on sépare d'abord l'alcool inattaqué, on isole ensuite l'alcool bromé ($E_{14} = 157\text{-}161°$). En vue d'en contrôler les constantes, nous avons préparé ce même corps par bromuration directe du bromure de phénylpropyle, puis acétylation au moyen de CH^3COOK et enfin saponification de l'acétate obtenu; c'est-à-dire comme nous avions fait pour l'homologue inférieur à cela près, qu'il ne suffit plus de se mettre en milieu acide acétique, mais qu'il est indispensable d'employer l'anhydride. Si d'ailleurs nous comparons ces deux préparations, nous noterons que pour

le second corps il se forme, dans la bromuration, une quantité non négligeable d'un dérivé tribromé qui semble être $Br^2C^6H^3.CH^2.CH^2.CH^2Br$, et aussi que l'acétylation du bromure propylique est plus difficile puisqu'elle exige l'emploi de l'anhydride acétique.

Alcool phénylpropylique chloré. — On fait barbotter le chlore, à froid, dans l'alcool, traite le mélange réactionnel par $B(OH)^3$, distille pour chasser les dérivés halogénés de la chaîne qui se forment ici en petite quantité (contrairement au cas de l'alcool phényléthylique où il ne s'en formait pas du tout), puis hydrolyse les borates. Par distillation, on obtient un mélange d'alcools, chloré et non chloré, très difficiles à séparer, même à l'état de benzoates, car ceux-ci sont tous liquides.

Conclusions. — Si l'halogénation dans le noyau s'effectue aisément pour l'*alcool* phényléthylique primaire, elle est un peu moins facile, parce que plus complexe, pour l'alcool phénylpropylique primaire; au contraire dans le cas de l'alcool benzylique, cette méthode directe est inutilisable parce qu'on ne peut pas, dans ces conditions, préserver la fonction alcool.

Nous donnons ci-dessous les constantes des corps nouvellement préparés en prévenant qu'il s'agit d'un mélange d'alcools isomères dont la séparation n'a pas été effectuée.

Alcool bromophénylpropylique $BrC^6H^4-CH^2-CH^2-CH^2OH$. — $E_{14}=157$-158°; d_4^{19}, 1,4153; n_D^{19}, 1,5651; R_D tr. 49,49; calc. 49,45; Br % tr. 37,04; calc. pour $C^9H^{11}OBr$, 37,20.

Bromobromure de phénylpropyle $BrC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2.Br$. — $E_{17}=161$-162-163°; d_4^{20}, 1,6685; n_D^{20}, 1,5828; R_D tr. 55,67; calc. 55,69; Br %, tr. 57,43; calc. pour $C^9H^{10}Br^2$, 57,55.

$C^9H^9Br^3$. — $E_{14}=187$-188-189°; d_4^{21}, 1,9510; n_D^{21}, 1,6123; R_D, tr. 63,67; calc. 63,46; Br % total tr. 66,86; calc. pour $C^9H^9Br^3$, 67,22; Br % de la chaîne, tr. 22,06; calc. 1 Br, 22,4.

Ce corps semble donc un dérivé tribromé, avec un seul Br dans la chaîne, soit : $Br^2C^6H^3.CH^2.CH^2.CH^2Br$.

Acétate de bromophénylpropyle $BrC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2.O.CO.CH^3$. — $E_{17}=168$-170°; d_4^{24}, 1,3376; n_D^{21}, 1,5309; R_D tr. 59,25; calc. 58,82; Br %, tr. 31,24; calc. pour $C^{11}H^{13}O^2Br$. 31,12.

Alcool chlorophénylpropylique $ClC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2OH$. — $E_{18}=149$-150°; d_4^{21}, 1,1520; n_D^{21}, 1,5420; R_D tr. 46,58; calc. 46,54; Cl %, tr. 20,10; calc. pour $C^9H^{11}OCl$, 20,82.

Benzoate de chlorophénylpropyle $ClC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2.O.CO.C^6H^5$. — $E_2=163$-165°; d_4^{20}, 1,1636; n_D^{19}, 1,5631; R_D, tr. 76,57; calc. 75,41; Cl %, tr. 12,19; calc. pour $C^{16}H^{15}O^2Cl$, 12,93.

Benzoate de phénylpropyle $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2.O.CO.C^6H^5$. — $E_{20}=207^o$, $E_3=167{,}5$-168°; d_4^{23}, 1,0776; n_D^{23}, 1,5551; R_D, tr. 71,48; calc. pour $C^{16}H^{16}O^{<}O^{:}|^{=}_{6}$, 70,54.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Applications de l'effet antioxygène au problème de la lutte contre l'incendie. L'extinction des flammes.* Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Roger Vieillefosse** et **Jean Le Braz**, présentée par M. Delépine.

a. L'ignition du charbon, ainsi que nous l'avons démontré dans deux Notes antérieures (1931 et 1932), peut être empêchée par effet antioxygène. Nous avons cherché s'il n'en était pas de même pour les flammes.

Les chimistes, à commencer par l'illustre Davy, qui a publié en 1817 le premier travail systématique sur le sujet, se sont préoccupés depuis longtemps de l'extinction des flammes, question à laquelle se rattachent l'empêchement d'explosion des mélanges tonnants et la suppression du cognement des moteurs à combustion interne. Une bibliographie détaillée n'a pas sa place ici, toutefois il convient de mentionner, parmi les plus récents, les importants travaux de Mardles et ceux de Jorissen.

b. L'appareillage que nous avons utilisé comprend un brûleur pouvant être alimenté, à un débit réglé, par des gaz ou des vapeurs; il est disposé dans l'axe d'un long cylindre en verre, fermé à sa partie inférieure. Une tuyère permet d'amener en dessous du brûleur, à une vitesse déterminée, de l'air chargé, en proportions connues, des corps à étudier. Un dispositif approprié évite les tourbillons et l'extinction par soufflage.

Dans cette première partie du travail on n'a envisagé que le classement des corps d'après les concentrations éteignant la flamme du gaz d'éclairage; on ne s'y occupe pas du mécanisme extincteur, dont la recherche fait l'objet d'expériences en cours, au même titre que les études sur les divers combustibles et sur les divers régimes de combustion.

c. Voici quelques remarques générales qui se dégagent de nos essais.

Ainsi qu'on devait le prévoir, d'après les différences d'ordre physique, chimique et même mécanique entre les deux formes de la combustion, l'ignition et la flamme, il arrive souvent qu'un même corps n'a pas les mêmes pouvoirs extincteurs contre l'une ou l'autre : le trichlorure de phosphore, par exemple, très actif contre l'ignition de la braise, à la dose de 6 pour 100, est presque inerte contre la flamme du gaz, à la dose de 40 pour 100 et, inversement, le bromure d'éthyle éteint mieux la seconde que la première.

Une particularité, étonnante en apparence, est le pouvoir extincteur, parfois élevé, trouvé chez des corps eux-mêmes susceptibles de brûler et qui sont, non seulement, des matières à combustion plus ou moins difficile,

comme les dérivés halogénés organiques, mais aussi de purs combustibles, comme le benzène, l'acétate d'amyle, ou la ligroïne légère. A la vérité, dans ce cas, il y a souvent substitution d'une flamme à l'autre, celle des vapeurs de l'extincteur à celle du gaz d'éclairage, mais on constate aussi l'extinction des deux. La ligne de démarcation entre ces deux phénomènes n'est pas nette et l'on observe tantôt l'un tantôt l'autre, avec un même produit, suivant les conditions expérimentales. D'ailleurs, la distinction entre corps combustibles et corps incombustibles est assez arbitraire : à proprement parler, parmi les corps organiques, il n'en est pas qui soient rigoureusement incombustibles, c'est-à-dire incapables, quand ils sont injectés dans une flamme, de consommer une partie de l'oxygène ambiant. Le tétrachlorure de carbone lui-même peut, tout au moins théoriquement, fixer deux atomes d'oxygène (avec libération corrélative de chlore). Aussi, dans la liste qui va suivre, ne se préoccupera-t-on pas de distinguer entre combustibles et incombustibles, ni de spécifier quand il y a remplacement d'une combustion par l'autre : ces considérations n'auront à intervenir que plus tard, quand on discutera s'il y a ou non effet antioxygène.

Notons enfin que les concentrations extinctrices varient souvent avec le régime de la combustion. Les écarts sont même quelquefois considérables, puisque, pour l'oxychlorure de phosphore, les doses actives s'étalent suivant les circonstances, entre 2 et 12 pour 100 en volume. Des différences notables ont été trouvées encore pour le tétrachlorure de carbone et quelques autres.

d. Concentrations extinctrices pour une flamme brûlant 30[l] de gaz d'éclairage à l'heure et des alimentations en air voisines de 600[l] à l'heure (les chiffres représentent le pourcentage en volume du gaz ou de la vapeur dans l'air arrivant à la flamme) :

CO^2	40	$CH^3-CH^2-CH^2Cl$	8	$CH^3-CHBr-CH^3$	6
CH^3Cl	20	$CH^3-CHCl-CH^3$	8	CH^2Br-CH^2Br	6
CH^2Cl-CH^2Cl	16	CH^3I	7	C^2H^5I	5
CCl^4	16	$CHCl^2-CHCl^2$	7	$(CH^3)^2CH-CH^2-CH^2Br$	5
$CHCl=CHCl$	13	C^2H^5Br	7	$CH^3-CHI-CH^3$	5
$CHCl=CCl^2$	13	CH^2Br^2	7	CH^2I^2	2,5
$CCl^2=CCl^2$	13	$CH^2=CH-CH^2Br$	7	ClH	40
C^2H^5Cl	13	$CH^3-C^6H^4-Br$ (*p*)	7	BrH	20
CH^3Br	10	$(CH^3)^2(CH^3.CH^2)\equiv CCl$	6	IH	>10
CCl^3-CHCl^2	10	$(CH^3)^3\equiv CCl$	6	Cl^2	50
C^6H^5Cl	10	$CH^3-(CH^2)^2-CH^2I$	6	Br^2	10
C^6H^5Br	9	$CH^3-CH^2-CH^2Br$	6	I^2	>2

Pour l'azote, ajouté de même à l'air d'alimentation, la dose extinctrice est de 55 pour 100, ce qui abaisse à 9 pour 100 la teneur du mélange en oxygène.

e. D'après ces chiffres, les corps chlorés sont, en général, moins actifs que les bromés et ceux-ci que les iodés. L'iode organique paraît donc avoir une certaine aptitude à provoquer l'extinction des flammes, caractère à rapprocher de l'effet inhibiteur que Jorissen lui a trouvé, sous forme d'iodure d'éthyle, contre l'explosion des mélanges tonnants.

Toutefois, la fonction de l'élément halogène dans le phénomène extincteur n'est pas simple, car l'activité des corps est sans relation avec leur teneur en halogènes. Le tétrachlorure de carbone, le composé organique le plus chloré que l'on puisse réaliser, est bien inférieur à d'autres chlorures, celui de tertiobutyle entre autres. De plus, les hydracides, corps à teneurs plus élevées encore en halogènes, sont peu actifs, tout comme les halogènes libres eux-mêmes.

Ce n'est donc pas par formation d'hydracide ou par libération d'élément halogène que les corps halogénés éteignent les flammes.

LITHOLOGIE. — *Sur les modifications chimiques et minéralogiques des marnes miocènes de la fontaine du Génie (Algérie) au contact d'un laccolite de granite.* Note (¹) de MM. **L. Glangeaud** et **Boutiron.**

Le Dj. Arroudjaoud, montagne de 500^{m} d'altitude située au bord de la mer, à 15^{km} à l'ouest de Cherchel, présente à sa partie supérieure un lambeau de roches grenues (granite à pyroxène, monzonite quartzifère, syénite) reposant sur des marnes miocènes. C'est là le témoin d'un laccolite intrusif dans les marnes miocènes. Les roches grenues ont modifié sur quelques mètres d'épaisseur les marnes miocènes situées au-dessous. Ce métamorphisme offre un double intérêt par sa fraîcheur et par son mode d'action. Il s'est produit *perdescensum* et sous une *épaisseur de sédiment relativement faible.*

Les marnes cartenniennes ont une composition chimique assez constante dans la montagne considérée. Le pourcentage de SiO^2 oscille entre 45 et 49 pour 100; de Al^2O^3, entre 13,8 et 14,2; de Fe^2O^3, entre 0,8 et 1,2; de FeO, entre 2,3 et 3,1 ; de MgO, entre 1,2 et 2,4; de CaO, entre 13,2 et 15,6; de Na^2O, entre 1,4 et 1,8; de K^2O entre 2,6 et 2,8.

(¹) Séance du 26 juin 1933.

On constate les modifications minéralogiques et chimiques suivantes en partant de marnes miocènes et en montant vers le laccolite de roches grenues :

1° La calcite des marnes s'agglomère en éléments d'aspect grenu. Des produits micacés se manifestent sous forme de petites paillettes incolores (séricite). Puis se montrent quelques grains de quartz, de feldspath, de pyroxène et des mouchetures d'oxyde de fer : 1^m d'épaisseur environ.

2° La quantité de feldspaths (orthose et plagioclases) augmente. La calcite et les produits phylliteux disparaissent et sont remplacés par de fins granules de diopside de quelques μ qui commencent à apparaître à 5 ou 6^m du laccolite. Cette *cornéenne feldspathique et pyroxénique* offre en moyenne 3^m d'épaisseur. L'analyse chimique de la cornéenne donne des résultats assez différents de ceux de la marne : SiO^2, 62,50; Al^2O^3, 15,41; Fe^2O^3, 4,22; FeO, 2,53; MgO, 2,25; CaO, 5,61; Na^2O, 2,40; K^2O, 2,54; TiO^2, 0,5; H^2O, 1,5.

3° En se rapprochant du contact du laccolite, la prehnite devient de plus en plus abondante. Il se forme par place des lentilles d'une roche d'aspect sphérolitique. Les lames de la *prehnite sphérolitique* y englobent poecilitiquement les éléments de la cornéenne (feldspath, diopside). Ces lentilles ont de 1^m,50 à quelques centimètres d'épaisseur suivant les points et offrent une quantité importante d'alumine et de chaux due à leur richesse en prehnite : SiO^2, 45,52; Al^2O^3, 21,21; Fe^2O^3, 2,83; FeO, 0,81; MgO, 1,45; CaO, 24,46; Na^2O, 1,25; K^2O, 1,22; H^2O, 2,52.

4° La quantité de prehnite diminue fortement et l'on voit apparaître des cristaux de diopside. Les granules de diopside qui existaient dans la cornéenne, s'allongent et présentent alors un aspect microlitique. Ces bâtonnets de quelques dizièmes de millimètre de longueur s'entrecroisent et forment un échafaudage dans les mailles duquel apparaissent des cristaux de feldspath (albite et oligoclase). L'analyse de cette roche, a été faite par M. Raoult : SiO^2, 57,86; Al^2O^3, 9,79; Fe^2O^3, 0,45; FeO^2, 2,88; MgO, 8,92; CaO, 13,00; Na^2O, 4,30; K^2O, 0,32; TiO^2, 0,99; H^2O, 1,51; MnO, 0,21. En minéraux, on obtient par le calcul les résultats suivants : quartz, 1,74; orthose, 1,67; albite, 36,15; anorthite, 6,39; SiO^3Ca, 27,2; SiO^3Mg, 22,3; $SiO^3(Fe+Mn)$, 3,56; magnétite, 0,70; ilménite, 1,52. Et comme paramètres : III.5.2'.5. La richesse en soude et en magnésie de cette curieuse roche est supérieure à celle des marnes carténniennes et des roches grenues du laccolite. Quoique mésocrate, elle est de couleur blanche, mais présente toutefois des zones

brunes où le mica biotite apparaît sous forme de petits cristallites naissants. Par place, des pyroxénites formées de diopside, de prehnite et de chlorite, constituent de petites lentilles au milieu de la roche précédente.

5° Enfin, sur les roches métamorphiques reposent les roches grenues du laccolite dont les analyses ont été reproduites dans ma thèse (¹) avec l'autorisation de M. A. Lacroix, et qui contiennent aussi de la prehnite.

De la comparaison des analyses et de l'étude des relations des minéraux pneumatolytiques, on peut déduire que les modifications des marnes se sont produites en deux temps :

A. Dans une *première phase* (métamorphisme thermique?) se sont formées les cornéennes feldspathiques et pyroxéniques.

B. Dans une *deuxième phase*, des *fumerolles* se manifestent par la production de diopside néogène dans la roche n° 4 et de prehnite dans la roche n° 3. Cette deuxième phase est en relation avec la phase pneumatolytique qui marque la fin de la consolidation du magma intralaccolitique.

Au Dj. Arroudjaoud, le *rôle des phénomènes pneumatolytiques* ressort nettement de l'étude chimique et minéralogique.

PÉDOLOGIE. — *L'analyse dite thermique, appliquée à l'étude du sol.* Note de MM. **V. Agafonoff** et **St. Pavlovitch.**

Depuis longtemps déjà les pédologues se demandaient quelles sont les combinaisons chimiques réalisées dans le sol par les éléments que décèle l'analyse élémentaire. De nombreuses méthodes ont été proposées pour résoudre cette question, mais toutes indirectes. Telle est par exemple celle de Gedroïtz que nous avons nous-mêmes appliquée à la détermination de la composition du complexe absorbant et des bases absorbées.

Presque tous les pédologues reconnaissent que ce complexe se compose principalement d'aluminosilicates hydratés parmi lesquels le kaolin occupe la première place. Mais toujours, dans toutes ces méthodes, et dans les travaux qui s'appuient sur elles, la part est grande à l'hypothèse. L'étude des plaques minces peut elle aussi donner des renseignements précieux; mais dans le cas seulement où la destruction de la roche-mère n'est point trop poussée : quand les processus de destruction siègent encore dans le domaine des substances cristallines (²).

(¹) L. Glangeaud, *Thèse Faculté Sciences*, Paris, 1932, p. 340.

(²) Agafonoff, *Rev. Botan. appliquée et d'Agric. coloniale*, 2, 1929, p. 89 et 90.

Mais dès que l'on arrive à la période de formation des éléments colloïdaux les plaques minces ne sont plus d'aucune aide. Aussi avons-nous pensé appliquer à la solution du problème l'analyse dite thermique. Pour ce but nous avons appliqué le galvanomètre différentiel double de Le Chatelier-Saladin.

La première question que nous avons voulu résoudre par cette méthode était de préciser les distinctions ou les similitudes des sols rouges latéritiques et des sols rouges méditerranéens. Il fallait auparavant déterminer les courbes des minéraux que l'on pouvait s'attendre à trouver dans les différents types de sols : turgite, stylpnosidérite, limonite, gœthite, calcite, hydrargillite, diaspore et kaolin.

L'olivine, l'orthose, le quartz, l'hématite fibreux n'ont donné aucune inflexion caractéristique.

Après avoir précisé ces points de repère nous avons étudié trois sols rouges méditerranéens : sol rouge de l'île Saint-Honorat, d'Antibes III, du cap Ferrat et sol rouge latéritique de Suzannah (Cochinchine).

Ensuite nous avons étudié les colloïdes extraits du sol : sol de Poiré près de Poitiers « rendzine », sol granitique de Moux, sol rouge méditerranéen de Saint-Siffret (Gard).

Pour cette étude on pulvérise le sol le plus finement possible et on le traite par HCl à 10 pour 100 pendant 2 à 3 heures pour le débarrasser de la calcite. On remplit ensuite le petit tube de l'appareil avec la poudre ainsi obtenue. Comme témoin nous avons pris Al^2O^3. Il faut remarquer que souvent la substance durcie colle aux parois du tube et aux fils du couple que l'on est obligé de casser. Pour les colloïdes, la substance fond entièrement et même attaque les fils de platine jusqu'à en provoquer la rupture.

On peut interpréter les courbes obtenues de la façon suivante :

Les courbes des sols méditerranéens (cap Ferrat, Antibes, Cannes, île Saint-Honorat) donnent le crochet endothermique à 500° C. C'est celui qui correspond au crochet endothermique du kaolin, mais avancé de 50° C. Le crochet exothermique se trouve entre 850 et 880°, c'est donc encore celui du kaolin ; mais en avance de 100° à 70° C, en suivant l'échantillon.

L'interprétation de la courbe du sol latéritique de Suzannah est plus difficile. On y voit un premier crochet endothermique à 330° (hydrargillite) ; après un autre crochet endothermique à 500° C qui correspond au premier départ du kaolin. Le crochet exothermique se trouve à 790° ; pour le kaolin pur il est à 950°.

On voit donc une nette différence entre le sol de Suzannah et les sols

méditerranéens. Il faut remarquer que tous les crochets endothermiques sont très bien marqués, presque autant que pour le kaolin pur. Les crochets exothermiques sont beaucoup moins nets, même si l'on s'est débarrassé de la calcite qui trouble les phénomènes dus au kaolin.

Dans les courbes des colloïdes nous trouvons d'abord un départ d'eau très net à 100°. Ensuite on note le crochet à 320° qui est celui de la limonite (Poiré I), puis un crochet à 410° qui est celui de la goethite (colloïde n° 2).

Le crochet endothermique qui correspond au premier départ d'eau, dans le kaolin cette fois, se trouve exactement à 550°. Il n'est donc pas décalé de 50° comme dans les sols.

Le crochet exothermique est aussi plus rapproché de celui du kaolin pur (880°) et même se trouve exactement à 950° pour le colloïde n° 4. Le crochet exothermique n'apparait pas toujours parce qu'à une certaine température, au-dessus de 500°, il y a fusion de la poudre du colloïde et le phénomène exothermique est complètement masqué; en même temps le couple est attaqué et les conditions d'expérience bouleversées (colloïde n° 1).

En comparant les colloïdes et le sol lui-même on voit qu'il n'y a pas de différences très grandes ; les deux donnent les courbes du kaolin avec une légère déviation vers la gauche des départs d'eau. Ce décalage est plus marqué pour les sols que pour les colloïdes qui se rapprochent davantage du kaolin pur.

L'intensité du phénomène exothermique est plus forte et plus nette pour les colloïdes que pour les sols sauf, au cas où il est masqué par la décomposition des colloïdes.

D'après ces expériences, nous pensons qu'on peut affirmer que dans les sols étudiés et dans les argiles colloïdales extraites de ces sols se trouve toujours du kaolin parfois cristallin, parfois peut-être amorphe (haloysite), mais ce kaolin se distingue du kaolin pur par le déplacement des points de départ d'eau plus ou moins avancé. On ne peut pas dire quelle quantité d'eau est liée au kaolin des sols.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du Crétacé dans le Prérif et le Rif méridional, et autres observations nouvelles concernant ces régions.* Note de MM. **F. Daguin** et **J. Lacoste**, présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons précédemment signalé, de façon séparée, la présence du Crétacé inférieur et moyen dans la partie Nord [1] et Est [2] de la région prérifaine et son extension dans la région rifaine méridionale [3].

En outre, l'un de nous a exposé [4] que, dans le Rarb, des marnes grises, *en tous points semblables aux marnes miocènes*, contiennent en abondance des Foraminifères du Crétacé supérieur.

Au cours d'une excursion commune, à la fin de 1932, nous avons pu constater que ces marnes grises ont, dans tout le Prérif et dans le Rarb, une extension considérable, et que c'est très généralement ce faciès du Crétacé supérieur qui se trouve au-dessous des marno-calcaires ou du flysch d'âge éocène.

Ce résultat est, nous semble-t-il, de nature à modifier sensiblement certains contours des cartes géologiques de ces régions et aussi à apporter quelques variantes aux hypothèses tectoniques antérieurement formulées.

En 1931 [5], nous avions écrit, en résumant des observations communes : « la nappe Trias-Nummulitique n'a pas l'ampleur qu'on lui supposait », et nous étions tombés d'accord pour reconnaître « dans la région Sebou-Ouergha, une série d'écailles enracinées et plis déversés ».

Il paraît maintenant nécessaire de généraliser cette interprétation et de considérer que, dans le Prérif, la couverture secondaire et tertiaire n'a pas dû subir de grands déplacements tangentiels, mais s'est plutôt déformée en plis assez courts qui offrent fréquemment l'aspect d'écailles autochtones, chevauchantes. Nous pensons que ce style est réglé en partie par la formation de rides anté-éocènes et qu'il convient d'admettre que, dans le Prérif où les observations sont moins aisées, comme dans le Rif méridional plus surélevé et plus décapé par l'érosion, l'Eocène fut transgressif sur des plis

---

(1) F. Daguin, *Étude géologique de la région prérifaine*, Thèse, Paris, 1927, p. 233-235.

(2) F. Daguin, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 261.

(3) J. Lacoste, *Comptes rendus*, 182, 1929, p. 719.

(4) J. Lacoste, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1931, p. 37-38.

(5) F. Daguin et J. Lacoste, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1931, p. 186-187.

déjà très accusés de Jurassique et Crétacé, modalités que l'un de nous a brièvement exposées [1].

Enfin, nous avons remarqué que la tectonique salifère dont, il y a plusieurs années déjà, l'un de nous avait envisagé les jeux variés, mais à cette époque « encore mal précisés » [2], intervient dans des accidents d'un style nullement indépendant du style général, mais s'ordonnant, dans la plupart des cas, suivant les directions des plissements prérifains et rifains méridionaux [3].

GÉOLOGIE. — *Sur la série cambrienne des plateaux de Draa (Sud Marocain) et la présence du Géorgien dans cette série.* Note de MM. **Jacques Bondon** et **Louis Neltner**, présentée par M. Charles Jacob.

La grande extension du Primaire dans l'Anti-Atlas et dans les Plateaux du Draa est connue depuis les voyages de Louis Gentil; les travaux ultérieurs de l'un de nous [4] ont permis d'établir l'âge acadien ou antéacadien des formations reposant directement sur le socle antécambien plissé.

Une récente découverte de fossiles (J. B.) nous permet de préciser la stratigraphie et d'établir l'âge géorgien de la base de ces formations.

Dans l'Anti-Atlas et les Plateaux du Draa, la base de la série cambrienne est constituée par une formation puissante de conglomérats à galets antécambriens passant progressivement aux grès, de coulées de rhyolithes et d'andésites, de tufs et de poudingues formés aux dépens des produits volcaniques. De composition irrégulière par sa nature même et d'épaisseur très variable (de 1 à plus de 500^m), cette série est très constante dans toute la région.

La partie supérieure du Cambrien présente, suivant les points, deux faciès différents.

1° Faciès occidental (à l'Ouest du méridien de Tazenakht). Il se rapporte à une série très épaisse, pouvant atteindre 1000^m de puissance et formée de calcaires dolomitiques coupés de niveaux marneux verts ou rouges, qui a

(1) J. Lacoste, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 185 et 186; *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 112 et 1589.

(2) F. Daguin, *Thèse*, Paris, 1927, p. 390.

(3) J. Lacoste, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 113 et 115; F. Daguin, *A. F. A. S.*, Nancy, 1931, p. 207 à 209.

(4) L. Neltner, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 871.

fourni, vers son sommet, une faune d'*Archœocyathus* et de *Conocephalites*. Vers Tiznit, elle s'enfonce, en concordance, sous l'Ordovicien quartziteux et schisteux du Djebel Tachilla ([1]). A sa base, l'on rencontre parfois (Anti-Atlas du Sud de Taroudant), une centaine de mètres de grès et de schistes verts, tandis qu'en d'autres points (Tiouiine, à l'Ouest de Tikirt), elle débute par une alternance de niveaux calcaires et conglomératiques qui montrent un passage continu à la série de base; un passage analogue s'observe dans le Haut-Atlas à 150m au mur des couches à *Paradoxides* et *Ellipsocephalus*.

2° Faciès oriental (à l'Est du méridien de Tazenakht). Vers le Nord (Haut-Atlas, Imini) et vers l'Est (Dadès, Mezguita), les calcaires passent latéralement à des schistes verts gréseux et micacés, coupés de niveaux de grès franc et de calcaire, et qui, vers le haut, passent de façon continue à l'Ordovicien.

Une coupe type des formations à faciès oriental a été relevée par l'un de nous (J. B.) entre Amane N'Issougri et Agdz, sur la piste muletière du Ouarzazat au Mezguita par le Djebel Tifernine; les couches de direction moyenne E 30° N et de pendage S de 5 à 8°, présentent de haut en bas la succession suivante :

9. Schistes verts gréseux et micacés du synclinal du Tamsift, avec de rares passées gréseuses et calcaires à Hyolithes et débris de Trilobites	500 à 800m
8. Passée calcaire mince à *Micmacca ellipsocephaloïdes* et *Protolenus Latouchei*	0m,20
7. Grès blancs fins et durs du Tizi N'Ouzdad	150 à 200m
6. Alternances de calcaires et de grès schisteux	150 à 200m
5. Grès roses tendres, avec passées calcaires, de l'Asif Ikhf N'Isly	100m
4. Alternances de conglomérats et de grès à éléments éruptifs du Tizi N'Tinifift	500 à 600m
3. Andésites à phénocristaux	50m
2. Conglomérats à éléments éruptifs	50m
1. Rhyolithes et andésites à phénocristaux	?

En Angleterre et dans le New-Brunswick, la faune à *Protolenus* se rencontre sous l'Acadien à *Paradoxides* et sur le Géorgien à *Olenellus*; en Angleterre les *Micmacca* se trouvent un peu plus bas dans la série et sont associés aux *Olenellus* dans la célèbre coupe de Comley ([2]) : ils sont donc

(1) E. SEGAUD et H. TERMIER, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1933, p. 33.

(2) COBBOLD, EDGAR STERLING, *Quart. of the Geol. Soc. of London*, 76, 1920, p. 325.

franchement géorgiens. Il est à remarquer que, dans cette même coupe, les couches à *Protolenus* sont séparées par une lacune de l'Acadien inférieur à *Paradoxides Groomi*, tandis qu'elles font suite en continuité aux couches à *Olenellus* et à *Micmacca* situées à 1^{m} plus bas dans le mur.

Notre niveau fossilifère 8 correspond donc à l'extrême sommet du Géorgien et l'on doit rattacher à ce dernier étage les termes 1 à 7 de notre coupe.

Les grès 7 et les schistes 9 se suivent vers le Nord-Ouest jusque dans la région de Tikirt, soit sur une distance de plus de 100^{km}; nous les avons observés à Ighels, Tislit N'Aït Douchchène et Tafounent, où les coupes du Synclinal du Tamsift et du Synclinal de la Khela Tagragra nous ont donné des séries analogues à celle citée plus haut.

La série de base du Cambrien (conglomérats, grès, laves, tufs et poudingues) peut donc être attribuée au Géorgien, tout au moins à l'est du méridien de Tazenakht; le Géorgien couvre ainsi de très vastes étendues dans l'Anti-Atlas et dans les plateaux du Draa.

GÉOLOGIE. — *Le conglomérat argilo-calcareux dans la région de Kayes et de Bafoulabé (Soudan Occidental) et sa position stratigraphique.* Note de M. L. **Baud**, présentée par M. Ch. Jacob.

Un conglomérat à galets de granite et divers a été signalé en 1932 par M. Furon [1], dans le Sud du Kaarta et le Fouladougou (à 250^{km} à l'Est de Kayes). Cet horizon doit être analogue à celui que j'ai découvert en 1931, d'abord sur la route de Kayes-Nioro (à 30^{km} à l'Est de Kayes), ensuite en de nombreux autres points, et qui occupe une aire considérable dans les cercles de Kayes et de Bafoulabé, ce qui motive sa description et sa séparation en sous-étage de la série des « Grès horizontaux ».

Ce conglomérat est formé d'une pâte argileuse légèrement calcareuse, dans laquelle sont incorporés les cailloux les plus divers, plus ou moins roulés, quelquefois encore nettement anguleux avec simplement des arêtes émoussées. La dimension des éléments est des plus variables. Leur nature est très diverse : on y rencontre des granites roses ou rouges, des granites blancs, des pegmatites, des gneiss, des roches vertes et des quartzites gris-violacés. Ces derniers sont de loin les plus abondants. Parfois le conglomérat est schistoïde, avec très peu de cailloux, et on peut le confondre avec un schiste argileux.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 56.

Lithologiquement, il ressemble à un conglomérat fluvio-glaciaire : il a en effet une pâte argileuse très dure et renferme des éléments souvent peu roulés, de toutes dimensions et de toutes provenances; enfin le transport des éléments s'est effectué à de grandes distances, puisque Toukoto est à plus de 200^{km} de la région granitique de Kayes.

En moyenne de 20^{m}, la puissance de ce conglomérat atteint 30^{m} en certains points. A la partie supérieure existe un banc de dolomie, qui peut atteindre une dizaine de mètres; il est irrégulier et beaucoup moins fréquent que le conglomérat. L'un et l'autre sont horizontaux.

Répartition géographique. — Dans la région, que je viens d'étudier au Soudan occidental, j'ai déjà reconnu l'horizon du conglomérat argilo-calcareux sur une superficie dépassant 1000$^{km^2}$; mais il s'étend certainement encore dans les régions voisines non étudiées. M. Malavoy l'a remarqué à Bélicoaté (à environ 120^{km} au Nord de Kayes) et dans la région d'Ambidédi (à une trentaine de kilomètres à l'Ouest-Nord-Ouest de Kayes).

Les points où il est le plus typique sont : Kareya, Saboucité, Goumaré, Koniakary, Kabaté dans le cercle de Kayes; Sékoto, Touba, Didian dans le cercle de Bafoulabé; Toukoto, à la limite des cercles de Bafoulabé et de Kita.

Position stratigraphique. — M. Furon considère le conglomérat du Kaarta comme conglomérat de base de la série horizontale; quant à moi, je le place immédiatement au-dessus des quartzites inférieurs horizontaux. Il est presque toujours surmonté de jaspes blancs ou violacés faisant partie du sous-étage des schistes. L'étude de toute cette région m'a d'ailleurs permis d'établir dans la série des « Grès horizontaux » les divisions suivantes en sous-étages :

4. Grès supérieurs.
3. Jaspes et schistes.
2. Conglomérat argilo-calcareux et dolomie.
1. Quartzites et schistes micacés inférieurs.

L'étude des régions voisines prolongera l'extension du conglomérat autour du massif granitique de Kayes, et permettra d'établir sa véritable origine.

GÉOLOGIE. — *Sur l'anthracolithique et le « terrain rouge » des environs de Yunnanfou (Yunnan).* Note de M. **Ed. Saurin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Un itinéraire poussé jusqu'à 120^{km} environ au Nord-Ouest de Yunnanfou, sur la route de Tali Fou et à ses abords, m'a permis d'étudier une succession qui s'établit ainsi qu'il suit.

Le substratum est formé de micaschistes à tourmaline et de cipolins, vraisemblablement anté-cambriens, et de quartzites, schistes et grès arénacés, probablement cambriens par comparaison avec les dépôts analogues, fossiifères, du Yunnan oriental. Ce substratum supporte une série anthracolithique; puis vient une puissante série de « terrain rouge ».

Les terrains anthracolitiques, bien développés aux environs immédiats de Yunnanfou, comprennent des masses calcaires et des porphyrites labradoriques. Les récents travaux sur les Fusulinidés [J. Fromaget (¹), Y. Ozawa (²)], permettent d'en établir la succession suivante, que de nouvelles recherches complèteraient sans aucun doute :

1° *Ouralien inférieur*, ou passage du Moscovien à l'Ouralien : Calcaires de Je Chouei Tang et de Tzu Men Lu à *Fusulina* aff. *Krotowi* (³).

2° *Ouralien moyen* et *supérieur* : Porphyrites labradoriques, reposant sur les calcaires précédents et supportant les suivants.

2° *Permien inférieur* : Calcaires de Tie Fong Ngan à *Neoschwagerina craticulifera*, *Fusulina brevicula*, *F. japonica;*

3° *Permien supérieur* : Calcaires de He Ya Sseu à *Neoschwagerina Douvillei.*

Sur ces terrains anthracolithiques aussi bien que sur le substratum cristallin, le « terrain rouge » repose en discordance. Son épaisseur va en augmentant de l'Est (mince revêtement aux environs immédiats de Yunnanfou) à l'Ouest (puissants remplissages synclinaux et bassin salifère de Yuan Yung Ching-Hei Ching).

Le « terrain rouge » comprend trois termes stratigraphiques :

a. Un conglomérat de base suivi d'alternances rapides et versicolores de grès parfois calcareux et d'argiles schisteuses ou marneuses.

(¹) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 19, II, 1931, p. 1 à 19.

(²) *Journ. of the Fac. Sc. Imp. Univ. of Tokio*, Sect. II, 2, Part 3, 1927, 26 p., 4 pl.

(³) Déterminations de J. Fromaget.

b. Des argiles schisteuses lie-de-vin avec intercalations de grès sableux rouges et de grès violets à taches vertes. Cet horizon contient près d'An Ning (25^{km} à l'Ouest de Yunnanfou) des *Estheria*, notamment *E. Zeili* des argiles salifères de Muong Ou Tay (Laos septentrional).

C'est l'horizon salifère et gypsifère, où le sel se trouve soit en masses importantes (bassin d'Hei Ching, production annuelle : 13000 tonnes), soit en faible imprégnations (An Ning).

Les couches *a* et *b* sont plissées, en général d'une façon peu intense.

c. Des grès rouges compacts, *horizontaux*, passant localement à des conglomérats.

En l'absence de documents paléontologiques suffisamment nombreux et probants, l'âge de ce terrain rouge récemment controversé par Heim A. (1) et Credner W. (2) qui, pour des raisons tectoniques l'attribuent au Crétacé ou au Tertiaire, peut cependant être fixé.

En effet, à Y Ping Lang, les couches *a* et *b* plissées supportent une formation horizontale à charbon et à plantes : *Podozamites distans*, *Clathropteris platyphylla*, *Tæniopteris* cf. *Leclerei*, attribuables au Rhétien.

Cette formation semble constituer un équivalent local des grès rouges *c*.

Ainsi compris entre du Permien supérieur à la base et du Rhétien au sommet, le « terrain rouge » plissé de la région considérée (horizons *a* et *b*) ne saurait être que triasique et probablement triasique moyen-supérieur, si l'on considère qu'il s'est déposé sur des surfaces déjà érodées et pénéplainisées (topographies fossiles post-permiennes), qui conduisent à admettre une émersion correspondant au Trias inférieur. Les grès *c*, équivalent stratigraphique du Rhétien d'Y Pin Lang, représentent cet étage Rhétien.

Le plissement des horizons *a* et *b* n'est donc pas dû aux mouvements himalayens comme le supposent les auteurs précipités, mais aux mouvements néo-triasiques, bien connus en Indochine française où le faciès « terrain rouge » présente aussi un grand développement et des coupes sensiblement analogues.

Dans la région yunnanaise parcourue, on peut remarquer que ces mouvements sont contemporains du dépôt du terrain rouge et qu'ils sont allés en s'affaiblissant jusqu'au Rhétien, déterminant la formation de vastes synclinaux lentement approfondis, avec dépôt de sel.

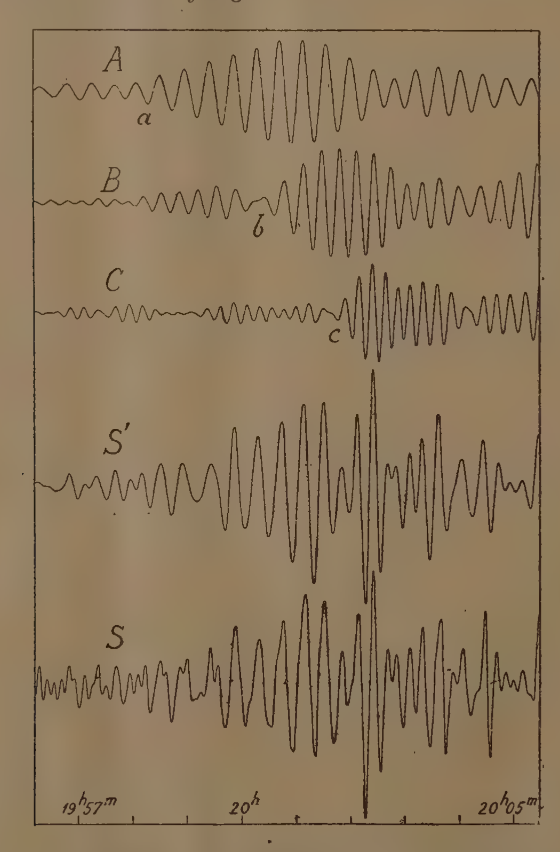
---

(1) A. Heim et K. Krejci-Graf, *Z. der Ges. für Erdkunde zu Berlin*, n° 78, 1930, p. 234.

(2) W. Credner, *Geol. Surv. of Kwangtung and Kwangsi, special publication*, n° 10, Canton, 1932.

SÉISMOLOGIE. — *Analyse d'ondes de Rayleigh.*
Note de M. et Mme H. **Labrouste**, présentée par M. Ch. Maurain.

On sait que les longues ondes inscrites par les séismographes (V) utilisés pour l'enregistrement des mouvements verticaux du sol ne comprennent que des ondes de Rayleigh et sont exemptes des autres ondes superficielles (ondes de Love); elles sont, pour cette raison, moins complexes que celles des pendules horizontaux comprenant, en général, des ondes de Love superposées aux ondes de Rayleigh.



L'aspect des inscriptions fournies par (V) est celui d'oscillations de périodes décroissantes à partir de la tête du train. Une telle apparence fait

généralement envisager l'inscription comme formée d'une infinité de périodes, les composantes dont la vitesse de propagation est la plus grande possédant la fréquence la plus faible. Ces considérations conduisent au tracé d'une courbe de dispersion où interviennent les vitesses de propagation en fonction des pseudo-périodes correspondantes.

Nous avons examiné s'il ne serait pas possible de mettre en évidence, dans le début des ondes de Rayleigh, des composantes individuelles et nous avons tenté une recherche des périodes élémentaires sur un tel train inscrit à Abisko (Suède), à l'aide d'un séismographe Galitzine (V) de 12 secondes de période, lors du séisme de Formose du 1er septembre 1922. Cette étude, effectuée en nous servant d'un procédé d'analyse déjà indiqué, nous a conduits à y reconnaître un nombre très réduit de trains composants, arrivant successivement dans l'ordre des périodes décroissantes; ils reproduisent par synthèse l'aspect de l'inscription séismographique sans qu'il soit besoin de faire intervenir, comme on le rappelait plus haut, l'existence d'une série continue de périodes différentes. Ce résultat conduit à une nouvelle interprétation des ondes de Rayleigh; il permet aussi d'expliquer, par l'interférence de ces trains élémentaires, les variations d'amplitude qu'on observe généralement dès les premières minutes de l'inscription des longues ondes.

Parmi les composantes trouvées dans l'exemple cité, trois sont importantes; elles ont respectivement pour période 25,5 secondes, 19,5 et 14,5 secondes et sont représentées en A, B est C dans la figure. Leur somme S′ reproduit sensiblement le graphique donné S. L'analyse fournit, en réalité, quelques autres composantes de faible amplitude [1] et leur addition à la synthèse S′ conduirait à une reproduction encore plus fidèle de S. Mais en se limitant aux composantes prédominantes, on voit que chacune d'elles présente un début assez net en *a*, *b* et *c* (si l'on fait abstration des petites oscillations préliminaires); l'amplitude croît rapidement jusqu'à un maximum et présente ensuite des variations donnant l'aspect de battements. Chacun des trains A, B, C pourrait être envisagé comme la résultante d'un ensemble de sinusoïdes de périodes voisines; quelle que soit l'explication choisie, l'analyse montre entre eux des discontinuités.

---

(1) Leurs périodes respectives sont d'environ 39, 12 et 10 secondes; le reste montre en outre une petite oscillation d'une période voisine de 3 secondes, qui n'a pas été isolée.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'ozone atmosphérique par une méthode rapide de photométrie visuelle.* Note de M. **J. Gauzit**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai montré [1] la possibilité d'un dosage de l'ozone atmosphérique par photométrie *visuelle* et j'ai décrit le spectrophotomètre que j'ai construit pour étudier le spectre solaire à différentes distances zénithales.

Pendant ces derniers mois je me suis efforcé de réaliser le plus grand nombre possible de mesures. La difficulté d'observer le Soleil au voisinage de l'horizon et, d'autre part, la luminosité de mon appareil m'ont amené à essayer, pour l'étude visuelle du spectre visible, la méthode du ciel bleu, imaginée par Cabannes et Dufay [2] pour l'étude photographique des bandes ultraviolettes de l'ozone. Je rappelle le principe de la méthode : le ciel au zénith est utilisé comme un diffuseur commode, la diffusion ayant lieu surtout dans les couches basses ou moyennes de l'atmosphère, après traversée des couches hautes riches en ozone. Mais, dans le spectre visible, l'absorption par l'ozone est faible; des troubles atmosphériques inappréciables à l'œil nu peuvent produire des effets supérieurs à l'effet d'absorption qu'on cherche. Par exemple il est rare que la brillance du ciel au zénith varie régulièrement pendant les 2 heures nécessaires pour un dosage d'ozone.

J'ai tourné la difficulté de la manière suivante : le spectrophotomètre permet la comparaison du ciel au zénith et de la lampe étalon pour divers intervalles spectraux choisis soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la bande d'absorption de l'ozone, en dehors des régions comprenant des raies de Frauenhofer intenses ou des bandes telluriques. Lorsque les plages du spectrophotomètre ont été égalisées par déplacement du coin photométrique, la densité du coin est égale au rapport $\log I'/I$, I' et I désignant les flux lumineux à comparer, émis respectivement par la lampe et par le ciel. Il suffit alors de tracer la courbe représentant, à un instant donné, $\log I'/I$ en fonction de la longueur d'onde : on constate, dans la région d'absorption de l'ozone, une déformation de la courbe qui donne immédiatement la densité optique kx de la couche d'ozone dans la direction des rayons solaires (k, coefficient d'absorption; x, épaisseur traversée par les rayons solaires).

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 892.
(2) *Journal de Physique*, 6e série, **8**, 1927, p. 125.

Une série de mesures de x obtenues avec différentes distances zénithales du Soleil donne par extrapolation, l'*épaisseur* de la couche d'ozone suivant la verticale. En prolongeant les mesures lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, la variation de x permet d'évaluer l'*altitude* de la couche d'ozone.

Le tableau suivant fait connaître les résultats obtenus à Montpellier depuis le début de l'année. Sauf indication spéciale, c'est la méthode du ciel bleu que j'ai utilisé. Il est à remarquer qu'un beau ciel bleu n'est pas nécessaire : j'ai pu faire des mesures par ciel brumeux, mais uniforme.

Janvier.

Date.......	21	22	–							–
Épaisseur...	0,33	0,31	–	–	–	–	–	–	–	–

Février.

Date.......	4	5	9	10	13	15	16	17	24	–
Épaisseur...	0,25	0,26	0,25	0,28	0,30	0,34	0,35	0,32	0,28	–
			(soleil)		(soleil)		(soleil)			

Épaisseur moyenne : 0^{cm},29.

Mars.

Date.......	9	10	22	24	27	28	29	30	31	–
Epaisseur...	0,38	0,39	0,25	0,30	0,30	0,32	0,34	0,35	0,34	–
	(ciel et soleil)									

Épaisseur moyenne : 0^{cm},33.

Avril.

Date.......	2	3	5	6	8	10	15	–	–	–
Épaisseur...	0,36	0,37	0,40	0,39	0,38	0,40	0,38	–	–	–
Altitude....	–	–	–	–	30^{km}	50^{km}	–	–	–	–
	(soleil)		(soleil)	(soleil)		(ciel et soleil)				

Epaisseur moyenne : 0^{cm},38.

Mai.

Date.......	1	3	4	8	12	14	16	17	23	29
Epaisseur...	0,37	0,37	0,36	0,40	0,40	0,41	0,36	0,37	0,34	0,32
Altitude....	–	–	40^{km}	–	–	–	40^{km}	–	–	–

Épaisseur moyenne : 0^{cm},37.

Juin.

Date.......	1	2	7	8	9	10	21	22	26	–
Epaisseur...	0,34	0,20	0,36	0,30	0,33	0,36	0,39	0,35	0,26	–
									(ciel et soleil)	

Épaisseur moyenne : 0^{cm},32.

Les valeurs que je trouve cette année-ci pour l'épaisseur de la couche d'ozone sont notablement plus grandes que celles obtenues en 1931, pendant les mêmes mois à Montpellier, par Ike Duninowski [1], qui utilisait la même bande d'absorption. Cette grande variation en l'espace de deux ans est à rapprocher de celle qui eut lieu en 1912-1914 [2].

La précision des deux méthodes (soleil et ciel) est sensiblement la même. En les utilisant simultanément j'espère obtenir assez facilement des indications sur la répartition en altitude de l'ozone atmosphérique.

PALÉOBOTANIQUE. — *Découverte d'une flore dans le Dévonien inférieur du Pas-de-Calais.* Note [3] de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Ch. Barrois.

La carrière de Rebreuve, située à 500^{m} au sud du village portant le même nom, est ouverte dans le plateau dévonien de Beugin.

Elle montre une masse de grès blancs (quartzite) passant à des psammites, et, de-ci de-là, au sein du grès des lentilles d'argiles. Ces argiles peuvent être, par place, très compactes et très pures ; en d'autres points elles sont micacées et plus ou moins arénacées. Leur couleur est variée : elles sont blanches, vertes ou jaunâtres. On trouve dans cette formation des zones gréseuses et des petits lits de psammites se délitant bien. Ces lentilles sont situées à divers niveaux dans les grès ; elles sont quelquefois très petites, mais peuvent aussi atteindre plusieurs dizaines de mètres de largeur sur quelques mètres d'épaisseur.

Le dévonien de la région de Rebreuve et de Beugin n'avait jamais livré de fossiles ; Gosselet le rattachait au Taunusien par analogie avec le grès d'Anor, et en raison de son gisement stratigraphique.

Au cours d'une excursion de la Faculté des Sciences de Lille et de la Société géologique du Nord (7 mai 1933), dirigée par M. le Professeur Pruvost, il a été trouvé, dans une de ces lentilles d'argile, quelques débris de végétaux qu'un premier examen a permis de rapporter à des Psilophytales.

Une exploration méthodique du gisement, faite avec M. le Professeur

(1) *Thèse*, Montpellier, 1932.

(2) Cabannes et Dugay, *Journal de Physique*, 8, 1927, p. 353.

(3) Séance du 3 juillet 1933.

Bertrand, m'a livré une florule dévonienne assez riche. Je puis dès maintenant donner la liste des espèces recueillies :

Psilophyton princeps Dawson, *Zosterophyllum* cf. *myretonianum* Lang *Arthrostigma gracile* (Dawson) Kidston (=*Drepanophycus* Gœppert), *Tæniocrada Dechenіania* (Gœppert) Kräusel et Weyland, *Tæniocrada* sp., *Hostimella* sp., et divers sporanges.

La plupart des lentilles argileuses interstratifiées dans les grès blancs sont stériles; ce n'est qu'exceptionnellement qu'on y trouve des plantes. La lentille explorée n'a d'ailleurs livré des fossiles que sur un espace extrêmement restreint (quelques mètres carrés).

A côté d'échantillons de *Psilophyton princeps*, tout à fait comparables aux figures types publiées par Dawson, on trouve des sporanges oblongs, effilés qui, je crois, lui appartiennent également.

Tæniocrada dechenіania et *Tæniocrada* sp. sont caractérisés par des axes sans ornement, montrant un faisceau central très fin au milieu de tiges quelquefois grosses de plus de 1^{cm}. On trouve, en outre, des tiges de toutes grosseurs ayant les mêmes caractères, jusqu'aux fines ramifications portant des sporanges plus petits et plus ovales que ceux de *Psilophyton*.

Zosterophyllum cf. *myretonianum* Lang, est représenté par un très bel exemplaire, montrant une touffe de tiges très fines et se ramifiant abondamment. Sur ces tiges, on voit de-ci de-là des sporanges réniformes ou ovoïdes, fixés chacun sur un long pédicelle, et montrant très nettement une ligne de déhiscence. Notre espèce est très voisine de l'espèce type décrite et figurée par Lang [1] à cela près que cet auteur décrit les sporanges de cette plante comme étant fixés sur des pédicelles courts, qui sont d'ailleurs peu visibles sur les figures qu'il en donne.

Ces touffes de *Zosterophyllum*, très bien conservées dans les sédiments argileux, me donnent l'impression qu'elles ont été enfouies à l'endroit même où elles croissaient.

La présence de *Psilophyton princeps* et de *Zosterophyllum* cf. *myretonianum* me permet de préciser l'âge du grès en confirmant l'opinion de Gosselet. Sa flore appartient à la moitié supérieure de l'Eodévonien (Siégenien ou Emsien), Taunusien de Gosselet.

---

[1] *Tr. Roy. Soc. Edinburgh*, 55, Part II, 1927, p. 443 et 454; pl. I, II, fig. 1 à 22.

BOTANIQUE. — *La structure des Cyanophycées.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

La question de la structure des Cyanophycées a été l'objet de récentes recherches de Poljansky et Petruschewsky et de Ch. Hollande. Les deux premiers auteurs se rallient à notre interprétation qui assimile le corps central à un noyau et lui apporte une importante confirmation en démontrant que ce corps central présente la réaction de Feulgen. Au contraire, Ch. Hollande soutient une opinion toute nouvelle. Selon ce savant, le corps central correspondrait à une région de la cellule où s'accumuleraient les produits de sécrétion du protoplasme et dans ce corps central existeraient, en plus ou moins grand nombre, de minuscules noyaux désignés sous le nom de nucléosomes. Ceux-ci seraient souvent constitués par un épinucléosome et un centronucléosome, ce dernier jouant le rôle de centrosome.

Il nous a paru utile de reprendre l'étude cytologique des Cyanophycées, afin de chercher à contrôler ces résultats qui bouleversent toutes les conceptions admises jusqu'à ce jour.

Observées sur le vivant, les Cyanophycées que nous avons étudiées (*Phormidium subfuscum*, *Ph. automnale*, *Ph. mucinatum*, *Anabæna*, *Chroococcacées*) montrent deux parties bien distinctes : 1° une couche corticale, d'aspect homogène, dans laquelle se trouve le pigment à l'état diffus et qui souvent renferme des granulations réfringentes (*Cyanophycin-Körpers*); 2° un corps central incolore et volumineux, de structure plus ou moins granuleuse, et rappelant un peu, dans certaines espèces au moins, l'aspect d'un noyau. La coloration vitale de ces Algues par le rouge neutre ou les bleus de Crésyl ou de méthylène fait apparaître, à la longue, dans la couche corticale, tout autour du corps central, de nombreuses et très petites vacuoles, colorées d'une manière homogène : celles-ci se gonflent considérablement, au cours de l'observation, puis brusquement se décolorent, lorsque la mort se produit, pour faire place à la coloration du corps central qui apparaît alors avec l'aspect d'un noyau; la coloration du corps central est accompagnée de celle de corpuscules métachromatiques qui sont disposés autour de celui-ci ou inclus dans son intérieur. Nous avions admis à la suite de longues observations que les corpuscules résultaient de la précipitation de métachromatine contenue en solution très concentrée dans les petites vacuoles que mettent en évidence les colorants vitaux dans la couche

corticale : cette métachromatine, comme cela arrive souvent, précipiterait en dehors de la vacuole qui la contenait. Poljansky et Petruchewsky, qui n'ont pu obtenir la coloration de petites vacuoles dans la couche corticale, soutiennent, au contraire, que ces corpuscules seraient inclus dans le corps central. Hollande, qui est du même avis, a constaté, comme nous, la présence dans la couche corticale, de petites vacuoles colorées par les colorants vitaux, mais il les considère comme des vacuoles artificielles produites par l'action des colorants vitaux. Il nous semble pourtant, que ni Poljansky et Petruchewsky, ni Hollande n'aient apporté d'arguments suffisants pour permettre de rejeter notre interprétation. Toutefois, on doit convenir que les vacuoles que l'on colore par des colorants vitaux n'étant pas visibles sans coloration vitale, il est difficile de prouver qu'elles préexistent bien. Nous reviendrons plus tard sur cette question et nous bornerons pour le moment à constater que, contrairement à l'opinion de Hollande, les corpuscules métachromatiques des Cyanophycées présentent tous les caractères microchimiques des corpuscules connus sous ce nom dans les Champignons (grains de volutine de A. Meyer).

L'emploi des colorants après fixation par les méthodes ordinairement employées pour la différenciation des noyaux et par celle utilisée par Hollande permet d'obtenir sur des coupes à la paraffine de superbes préparations dans lesquelles le corps central apparaît formé par de nombreux et minces filaments plus ou moins anastomosés, avec épaississement nodaux, c'est-à-dire avec l'aspect caractéristique d'un noyau. Lors du partage cellulaire, ce corps se divise par étranglement par un processus rappelant l'haplomitose. Enfin, comme l'ont montré Poljansky et Petruchewsky, puis Neumann, et comme Hollande lui-même est obligé de le reconnaître, ce corps central présente une réaction de Feulgen toujours extrêmement nette. Ce corps central est, d'autre part, contrairement à l'opinion de Hollande, une formation *absolument permanente de la cellule*. Il semble donc difficile de lui refuser la signification d'un noyau : il ne diffère des noyaux typiques que par sa taille beaucoup plus grande et l'absence de membrane le délimitant du cytoplasme. Quant aux nucléosomes décrits par Hollande, nous ne pouvons confirmer leur existence. Ils proviennent incontestablement d'une interprétation erronée de préparations obtenues par une méthode défectueuse (frottis fixés à l'alcool-éther et colorés par les éosinates de soude de bleu de méthylène) méthode qui a l'inconvénient de donner des nuances très variées aux mêmes éléments cellulaires selon que la régression a été plus ou moins prolongée, ce qui peut amener à de

grosses erreurs d'interprétation. Il importe d'ailleurs de remarquer que Hollande n'est pas parvenu à confirmer ses résultats par l'emploi des méthodes plus sûres que l'on utilise généralement pour la différenciation des noyaux : il n'a pu retrouver et, encore que d'une manière partielle, ses nucléosomes que par des fixations suivies de mordançage prolongé par le bichromate de potassium que l'on sait diminuer la chromaticité du noyau, et seulement, à la suite d'une longue régression, conditions qui ne laissent subsister qu'une coloration partielle du corps central.

Ainsi nos observations nous amènent à confirmer l'opinion classique qui considère le corps central des Cyanophycées comme l'équivalent d'un noyau.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du pouvoir oxydant du chondriome.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, transmise par M. d'Arsonval.

Les caractères morphologiques du chondriome de chacun des types cellulaires étudiés ci-dessous étant déterminés d'après l'action du vert Janus et d'après les résultats obtenus par les auteurs avec les méthodes classiques, nous avons comparé les images que présentent les corps figurés où apparaissent, tout d'abord, les phénomènes d'oxydation dans les cellules avec les images classiques du chondriome de ces cellules.

La feuille d'*Elodea canadensis* est un matériel intéressant pour l'étude de la cellule vivante. D'une part, dans les conditions expérimentales où nous nous plaçons (la feuille étant dans une goutte d'eau entre lame et lamelle), la cellule reste longtemps vivante. D'autre part, les caractères de son chondriome ont été minutieusement décrits par Guilliermond [1] et cette connaissance très précise du chondriome constitue un avantage pour notre méthode de recherches.

Les leucodérivés dont l'oxydation donne une couleur verte ou une couleur bleue sont peu favorables à l'étude, à cause de la présence des chloroplastes et du mouvement des éléments du chondriome. En faisant agir le leucodérivé du bleu de méthyle, on peut, cependant, constater, assez facilement, que ce réactif se colore en bleu au niveau du chondriome.

Les leucodérivés dont l'oxydation donne un produit rouge forment des

---

(1) *Bul. Biol. France et Belgique*, **61**, 1927, p. 1.

images dont l'observation est plus facile. Le leucodérivé du rouge neutre nous a donné de bons résultats. L'oxydation de ce réactif dans la cellule s'effectue au niveau des éléments du chondriome. La couleur rouge ainsi constituée reste, sur la surface des bâtonnets ou des granules, un temps suffisamment long pour que l'image des zones d'oxydation du cytoplasme puisse être bien établie. Le pouvoir oxydant du chondriome apparaît nettement. Le leucodérivé de la fuchsine basique donne des images semblables mais moins faciles à observer parce que le séjour de la couleur sur les éléments du chondriome est ici de plus courte durée.

Ces diverses réactions montrent que le pouvoir oxydant du chondriome peut se manifester sur la cellule végétale vivante. On sait qu'une semblable constatation a été faite pour la cellule animale vivante ([1]).

Chez les champignons, Mangenot ([2]) a constaté que le chondriome de l'espèce *Oïdium lactis* donne la réaction des peroxydases. Quand on fait agir, sur les filaments de *Oïdium lactis*, soit le leucodérivé du vert Janus, soit le leucodérivé du vert de méthyle, soit le leucodérivé du vert lumière, on constate que, dans chaque cas, le réactif s'oxyde et se colore en vert au niveau du chondriome. Le leucodérivé du bleu de méthylène, le leucodérivé du bleu de crésyl, le leucodérivé du bleu de Nil, le leucodérivé du bleu de méthyle s'oxydent au niveau du chondriome et se colorent en bleu.

Si l'on cherche à apprécier la valeur relative du pouvoir oxydant du chondriome, en considérant la vitesse et l'intensité des réactions d'oxydation, on constate que les conditions expérimentales dans lesquelles nous nous plaçons ne font pas ressortir un pouvoir oxydant plus élevé pour le chondriome de *Oïdium lactis* qui est le support des peroxydases, que pour les chondriomes qui ne donnent pas la réaction des peroxydases.

GÉNÉTIQUE. — *Réapparition, par hybridation spontanée, d'une espèce d'*Hordeum (H. intermedium *KCK.*). Note de M. **E. Miège**, présentée par M. Blaringhem.

Il est admis, depuis longtemps (*Hyeronimus* Bock, Linné, etc.), que la pollinisation a lieu généralement chez les orges lorsque l'épi est encore enfermé dans la gaine et que cette disposition — compliquée par la fragilité des

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 552.

([2]) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 710.

organes floraux — interdit les fécondations illégitimes et rend même le croisement artificiel assez délicat et aléatoire.

Toutefois, d'après certains auteurs (Körnicke, Vavilov, Lathouwers, etc.), la cleïstogamie ne serait la règle que dans certaines espèces d'*Hordeum* et dans les pays froids; de fait, plusieurs cas de staurogamie ont été signalés chez les orges polystiques (Steverson, au Minnesota, en a observé dans les proportions de 0,04 à 0,15 pour 100 selon les années).

Nous avons constaté, en 1931, dans un escourgeon (*H. tetrastichum* Kck. var. *pallidum*, Orzo P.H.), cultivé à Rabat sans aucune variation depuis 1923, la présence d'une orge à deux rangs très particulière, dont les quatre épis, différents, étaient caractérisés par le développement relativement considérable des épillets latéraux stériles, à barbes inexistantes, caduques, ou parfois longues de 1cm. La descendance — constituée en F_2, d'une part, d'exemplaires normaux d'*H. tetrastichum* Kck. et d'*H. distichum nutans*, et d'autre part, de formes spéciales appartenant à *H. muticum distichum* Atter., *H. rostratum distichum* Att. et à *H. rostratum vulgare* Atter. (ou *H. intermedium Haxtoni* Kck.) — semble bien provenir de l'hybridation d'une orge distique et d'une orge polystique, hybridation qui, d'après J. Wilson, puis Lathouwers, donne, en effet, en F_2, une orge à quatre rangs par trois distiques, normales ou aberrantes et, selon Gaines, des formes typiques distiques ou polystiques et des formes intermédiaires variées, à épillets latéraux plus ou moins fertiles.

Le nombre relativement restreint de plantes que nous avons obtenues en 1932 n'a pas permis de vérifier exactement les proportions mendéliennes indiquées par Biffen, Engledow et Weidemann, mais qui ont été cependant très approchées, puisque nous avons compté 10 plantes tétrastiques normales, pour : 8 distiques normales, 21 distiques anormales, soit 29, 3 sans épis.

D'autre part, leur origine hybride est encore accusée par la fragilité de leur rachis qui, d'après le professeur Blaringhem, est un caractère des orges hybrides.

La F_3 a montré : 1° l'homogénéité parfaite de la descendance tétrastique, d'ailleurs très vigoureuse; 2° celle de la descendance distique, assez chétive, et 3° la disjonction des types intermédiaires selon le schéma précédent, à savoir : plantes à quatre et à deux rangs normales, et formes distiques intermédiaires analogues à leurs parents avec, en outre, quelques spécimens nouveaux tels que : *a*, distiques à épillets latéraux pourvus de glumelles pailleuses et très longues, donnant à l'inflorescence l'aspect d'un épi de

seigle, et de fleurs généralement stériles, sauf, parfois à la base du rachis. Ces épillets latéraux sont ou mutiques, ou munis d'une courte barbe et correspondent à *H. distichum muticum* et *rostatrum* Atter.; *b*, tétrastiques, à grains latéraux réduits et à barbules, du type *H. rostratrum vulgare* Att. (*H. intermedium Kck.*); *c*, distiques *deficiens*.

Cet exemple d'hybridation naturelle entre une orge à quatre rangs et une orge à deux rangs est le seul que nous ayons trouvé, de 1921 à 1931, dans la culture d'environ quatre cents variétés. Par contre, en 1933, nous avons observé des cas relativement nombreux de croisements spontanés de même nature et, en particulier, la présence dans plusieurs escourgeons d'*H. rostratum* et *H. muticum* Atter. et, pour la première fois, celle de ces mêmes types dans deux orges distiques (O. de Moravie et O. l'Hamra).

Ces derniers croisements peuvent être rapprochés des faits observés à Poppelsdorf, en 1875, par Kornicke, qui constata l'apparition spontanée, dans deux parcelles d'orges distiques, de plantes à épillets latéraux en partie fertiles et à barbes courtes, dont la descendance était composée de pieds normaux, distiques ou polystiques, et de formes intermédiaires, dont la disjonction ultérieure eut lieu selon le schéma décrit ci-dessus et donna naissance, par sélection successive, aux deux variétés *Haxtoni* et *transiens*, de l'espèce *H. intermedium* Kck., qu'Harlan et Hayes ont également obtenue par la fécondation artificielle de *H. vulgare pallidum* et *H. disticum pamella* et qu'Atteberg désigne sous le nom d'*H. sativum commune*, var. *muticum* Atter.

Il s'est donc produit, à Poppelsdorf et à Rabat, des hybridations naturelles semblables, entre *H. tetrastichum* et *H. distichum*, dont la F_1 a été caractérisée par le faciès distique, accusant ainsi la dominance, au moins partielle, de l'espèce à deux rangs, conformément à l'opinion de Biffen, Blaringhem et Fraser, et dont les générations suivantes ont abouti à l'apparition d'une espèce nouvelle, *H. intermedium*, dont l'origine hybride est ainsi confirmée.

La cleistogamie et l'autogamie, qui sont la règle dans le genre *Hordeum*, rencontrent donc des exceptions, qui semblent surtout fréquentes dans l'espèce *tetrastichum* et sous certaines conditions climatériques.

AGRONOMIE. — *Le Blé, plante à silice.* Note [1] de MM. E. **Blanchard** et J. **Chaussin**, présentée par M. P. Viala.

Les graminées et particulièrement le blé sont considérées depuis longtemps comme des plantes à silice ; une belle récolte de blé emporte environ 88^{kg} de silice par hectare, les graminées de prairies naturelles, auxquelles on ne donne pas d'engrais comme au blé, peuvent aller jusqu'à 350^{kg} (de Gasparin).

Joulie a montré que sur 100^{kg} de silice absorbés par des blés de belle venue, il en passe seulement 0^{kg},53 dans le grain et Jodin [2] a pu en opérant sur des milieux liquides, faire accomplir son cycle évolutif complet à une graminée, le maïs, en l'absence complète de silice.

On peut donc se demander, avec Isidore Pierre, si la silice qu'on trouve dans le blé n'est pas entraînée à la suite des ions alcalins, auxquels elle est combinée, sans utilité pour la plante. Les eaux du sol qui contiennent toujours de 6 à 8^{g} de silice par mètre cube en tiennent constamment à la disposition des plantes.

Les résultats que nous avons obtenus, en utilisant la méthode des bouillons de L. Lapicque, qui nous a donné la silice soluble seule intéressante au point de vue physiologique, tiendraient à nous faire adopter un autre point de vue.

Dans une Note antérieure [3], nous avons donné des nombres qui montrent que, en dehors de l'apport d'engrais, la minéralisation du milieu intérieur est principalement composée : de sels d'acides organiques, de phosphates et de silicates, qui, évalués en équivalents électrolytiques se chiffraient par les nombres 0,1187, 0,0477 et 0,0529, les chlorures et les sulfates venant en quantités plus faibles avec 0,0169 et 0,0124.

Or les systèmes : acides organiques en présence de leurs sels, les mélanges de phosphates et le groupe silice-silicates sont des mélanges *tampons* qui peuvent jouer le même rôle au point de vue de la réaction acide du milieu intérieur dans la plante et qui sont comparables par certaines de leurs propriétés physico-chimiques.

L'introduction de l'ion Cl dans la plante, par suite de l'emploi de la sylvinite et du KCl comme engrais, a réduit des deux tiers environ, le groupe des sels à acides organiques dans la plante, ceux-ci immobilisés pour maintenir la réaction du milieu, peuvent alors servir à la constitution des réserves, l'ion Cl peut avoir ainsi un effet

(1) Séance du 3 juillet 1933.
(2) *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 344.
(3) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1139.

économique, et l'on peut entrevoir alors une action efficace de remplacement des sels à acides organiques par les silicates.

L'introduction de l'ion Cl a peu agi sur l'absorption des silicates et des phosphates, dont les quantités sont de même ordre de grandeur.

Dans le présent travail nous avons voulu, pour préciser, doser comparativement la silice soluble et la silice insoluble, dans le blé et dans l'avoine et aussi dans une autre graminée, le maïs qui a fait l'objet du travail intéressant de Jodin.

Voici les nombres que nous avons obtenus en SiO^2 pour 100 de poids sec de la plante.

	Silice soluble.	Silice totale.	Pour 100 de soluble.
Blé plante totale (fin mai).			
Témoin	0^g,61	3^g,00	20,3
Avec sylvinite	0,54	3,59	15,02
Avec KCl	0,47	4,34	10,8
Avoine totale (fin mai).			
Témoin	0,82	2,32	35,3
Avec CaO	0,64	4,87	13,1
Avec KCl	0,79	1,30	60,6
CaO et KCl	0,77	2,38	32,2

Maïs feuille (1er juillet).

	KCl +NO^3.Na.	SO^4K^2 +NO^3.Na.	Super +NO^3.Na.	$SO^4.K^2$ +super +NO^3.Na.	Super.	Témoin.
Silice soluble	traces	traces	0^g,0035	0^g,0045	0^g,0033	0^g,0033
Silice insoluble	0^g,37	0^g,56	0^g,40	0^g,30	0^g,28	0^g,33

Le blé, qui dans son milieu intérieur soluble, s'est montré dans toutes nos recherches plus riche en silice que toutes les plantes cultivées, haricot, navet, pomme de terre, etc., conserve une teneur en silicates qui se maintient assez fixe, même avec les influences culturales et les engrais, et qui est de l'ordre de celle en acide phosphorique, mais l'accumulation dans ses tissus de quantités véritablement considérables à l'état insoluble serait peut-être la marque de son rôle antiacide; il en est de même pour l'avoine.

Quant au maïs sa faible faculté d'absorption pour la silice en pleine terre explique la possibilité de culture sans silice faite par Jodin.

Le rôle de la silice et des silicates dans la plante serait celui d'une substance tampon pouvant diminuer la quantité des acides organiques

immobilisés dans la plante, et servant au moment des migrations de l'acide phosphorique vers les organes de réserve, de substance de remplacement, remplissant d'autant mieux ce rôle que les propriétés physico-chimiques des silicates sont plus voisines de celles des phosphates.

N.B. — Dans le dosage de la silice, il faut prendre soin de débarrasser les parties de la plante étudiées des poussières adhérentes.

ZOOLOGIE. — *Développement de l'appareil génital dans les deux formes* (*A et B*) *de* Bullinus contortus *Mich.* Note de M. **Marc de Larambergue**, présentée par M. M. Caullery.

Dans une Note antérieure [1], j'ai signalé l'absence d'appareil copulateur chez certains individus de *Bullinus contortus* et donné la description anatomique des deux types ainsi distingués : *type A*, dont les organes génitaux sont normaux; *type B*, dépourvu d'appareil copulateur et à prostate réduite.

J'ai cherché à déterminer comment se réalisaient ces deux types anatomiques au cours du développement, par l'étude comparée, au moyen de coupes sériées et de dissections, de jeunes Bullins de tailles croissantes provenant de souches connues donnant soit une majorité de *A*, soit une majorité de *B*.

Mes observations peuvent se grouper en trois ensembles, d'après les régions envisagées : organe copulateur, voies mâle et femelle, ovotestis.

a. L'ébauche de l'appareil copulateur était déjà visible sur les coupes de jeunes Bullins *A*, fixés à l'éclosion. C'est un petit massif cellulaire entourant une invagination ectodermique, situé dans l'épaisseur des parois du flanc gauche, immédiatement en arrière de la base du tentacule gauche. Cette ébauche évolue rapidement et donne d'abord un tube, dont une extrémité reste en rapport avec l'épiderme et débouche à l'orifice mâle, tandis que l'autre, flottant dans la cavité générale, au voisinage du bulbe buccal et de l'œsophage, communique avec le canal déférent. Le tube pénial se courbe, ses parois se différencient et les diverses parties se dessinent ensuite. L'appareil copulateur acquiert très vite une prédominance de taille sur le reste du tractus génital; sa position antérieure permet facilement de l'observer sur de jeunes mollusques de 3^{mm} (hauteur de la coquille)

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 174.

en extension, grâce à la transparence des tissus, et l'on peut ainsi reconnaître le type sur le vivant.

L'ébauche péniale se retrouve aussi sur les coupes de jeunes *B* au moment de l'éclosion, avec les mêmes caractères que celle des jeunes *A*, mais avec une taille un peu réduite. La cavité tubulaire de l'invagination est bordée d'un épithélium, dont les cellules sont plus hautes et plus serrées que celles qui constituent l'épiderme auquel il se raccorde. Cette invagination est creusée dans un petit massif de cellules à noyau fortement colorable. Mais cette ébauche n'évolue point. Sa cavité se dilate parfois en petite ampoule mais sans donner naissance à un tube, et les différentes tuniques de l'organe normal ne s'édifient pas. L'ensemble subsiste, indifférencié, inclus dans l'épaisseur des parois du corps de l'adulte. Il peut n'être visible que sur les coupes, ou présenter l'aspect d'une légère cicatrice perceptible à la base du tentacule gauche.

b. Dans la portion moyenne du tractus génital, la voie femelle subit un développement et une différentiation comparables dans le cas des *A* et des *B*; utérus et glande de l'albumine n'atteignent tout leur volume qu'à l'approche de la ponte.

On observe au début une évolution parallèle dans les deux séries pour la prostate. Cette glande se forme dans une région du conduit mâle primitif et apparaît comme une dilatation de sa face dorsale appliquée contre l'utérus. En cette région, la paroi se complique de nombreux replis et de diverticules en doigt de gant, dont les cavités convergent vers un réceptacle correspondant à la lumière du conduit primitif. Jusqu'ici les phénomènes sont tout à fait semblables dans les deux séries. Mais lorsque les jeunes ont atteint 5 ou 6^{mm}, à l'approche de la maturité génitale, la prostate augmente considérablement de volume chez les *A*; tandis que chez les *B*, elle ne s'accroit plus et devient l'organe atrophié qui, dans les adultes est caché entre l'utérus et la poche copulatrice étroitement appliqués l'un contre l'autre.

L'évolution histologique de la prostate est la même dans les deux types jusqu'à l'édification des acini, mais, chez les *B*, les cellules de l'épithélium qui les tapisse ne subissent qu'un début de différenciation glandulaire et n'accumulent point la masse de sécrétions qui donne tout son développement à la prostate normale des *A*.

c. L'ovotestis apparaît de bonne heure et les éléments sexuels se forment bien avant que l'appareil génital ne soit apte à fonctionner. Je n'ai point remarqué de différence dans l'évolution de ces glandes.

Les quelques observations relatées dans cette Note préliminaire indiquent que le caractère différentiel fondamental réside dans le non développement, chez les Bullins *B*, de l'ébauche péniale cependant présente. L'évolution de la prostate suit d'abord un cours normal, mais cette glande n'atteint pas chez eux un stade fonctionnel.

Les pontes de Bullin (6 à 15 œufs environ) obtenues par autofécondation donnent naissance le plus souvent à une population mixte. La réalisation des deux types, sans intermédiaire, parmi les descendants d'une même ponte, élevés dans le même bocal, indique que leur origine relève d'un déterminisme interne, dont la première manifestation serait l'avortement de l'ébauche péniale. L'étude de ce déterminisme, au point de vue génétique est en cours.

ZOOLOGIE. — *Atrophie de l'organe nasal nadiral chez certains Poissons Hétérosomes*. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. M. Caullery.

En dépit de la différenciation réductrice dont se montre généralement affecté l'organe nasal de la face nadirale des *Trinectidæ* (formes dextres) et des *Bothidæ* (formes sénestres), la disparition de cet organe n'a encore été envisagée qu'avec doute et dans le seul cas d'un Trinectidé, *Gymnachirus nudus* Kaup (¹).

Un Bothidé, *Zeugopterus hirtus* Abild., et un Pleuronectidé, *Samaris cristatus* Gray (forme dextre), se montrent cependant totalement dépourvus d'organe nasal nadiral.

Chez *Zeugopterus hirtus* (*vulgo* Targeur), les deux narines zénithales sont très voisines l'une de l'autre ; l'osphradium est une rosette subcirculaire de *laminæ* unciformes, peu nombreuses (16 ?) mais bien développées, et qui occupe à peine la moitié rostrale de la capsule ; celle-ci, relativement vaste, s'étend jusqu'à l'orbite ventrale ; un profond sac sous-ethmoïdien s'ouvre par un large aditus, situé dorso-caudalement, par rapport à l'osphradium. Le foramen olfactif du pleurethmoïde correspondant (gauche) est très ample et s'ouvre en direction rostrale. Le foramen du pleurethmoïde nadiral est, au contraire, étroit, circulaire, mais complètement obturé par une cloison osseuse, plus mince que la paroi

(¹) *Bulletin de l'Institut Océanographique*, Monaco, nº 523, 1929, p. 7 et 37. Les noms de famille ou de sous-famille *Achirinæ* et *Trinectidæ* sont synonymes; le second devant prévaloir, pour des raisons de priorité.

environnante, ce qui implique la disparition du nerf olfactif droit, au moins à ce niveau. Le vomer (denté) est saillant en avant du mésethmoïde.

Cette espèce est encore caractérisée par la perforation de son septum interbranchial, par sa ligne latérale incurvée et présente sur les deux faces du corps, par sa nageoire dorsale débutant sur le bord même du sillon labial, à droite de la symphyse prémaxillaire, et par ses pelviennes (6 rayons) en majeure partie soutenues par l'urohyal, parallèles entre elles et toutes deux attachées au premier rayon de l'anale. L'anus s'ouvre devant ce rayon, entre les pelviennes; la papille urinaire est zénithale et saillante au-dessus du premier rayon de l'anale. Vertèbres : 35 dont 10 abdominales; diapophyses présentes à partir de la vertèbre 4, devenant transverses à partir de la vertèbre 12 et développées jusqu'à la pénultième, s'ajoutant, à partir de la vertèbre 11 aux hémapophyses, qui n'existent que dans la région caudale (vert. 11 à 34); côtes de 2 à 10, sessiles sur 2 et 3.

Samaris cristatus Gray (♂, mer Rouge) est remarquable par l'allongement des rayons antérieurs de sa dorsale, dont la base est reliée à la mandibule, sur la face aveugle, par un pli cutané appliqué contre la tête et à bord libre vertical; pectorale zénithale seule présente, longue (4 rayons); pelviennes (5 rayons) parallèles et en grande partie soutenues par l'urohyal; la zénithale, reliée à l'anale, présente un grand allongement de certains de ses rayons; l'anus est mésial et interposé entre la pelvienne nadirale et le premier rayon de l'anale; la papille urinaire est saillante contre le dernier rayon de la pelvienne zénithale. Vomer inerme, très saillant en avant du mésethmoïde.

Les narines zénithales sont tubulées et très voisines l'une de l'autre; l'osphradium, occupant la totalité de la capsule, est constitué par 9 lamelles longitudinales et parallèles, cultriformes mais subanguleusement surélevées; pas de sac annexe. Le foramen du pleurethmoïde zénithal est très ample. La face aveugle (gauche) ne présente aucune trace d'organe nasal; le pleurethmoïde nadiral, fortement comprimé contre le mésethmoïde, forme une profonde concavité, s'ouvrant rostralement et dont le fond est perforé par un très petit foramen (peut-être obturé par une membrane).

Vertèbres : 39 dont 11 abdominales; les 4 antérieures inermes; la 5e est armée d'une paire d'hémapophyses libres, ainsi que les vertèbres suivantes, jusqu'à la 11e; à partir de la 12e (initiale caudale), l'arc hémal est constitué; à partir de la 6e, chaque vertèbre porte, en sus des hémapophyses, une paire de diapophyses présentes jusque sur la pénultième.

Classés par Tate Regan (1), à cause du sens opposé de leur version somatique, dans deux familles distinctes, *Zeugopterus hirtus* et *Samaris cristatus* témoignent cependant de certaines analogies troublantes. D'apparence purement convergente, l'atrophie de l'organe nasal nadiral ne saurait être attribuée au prolongement rostral de la nageoire dorsale, puisque cet organe existe dans nombre d'autres formes (*Soleidæ*, etc.), chez lesquelles la dorsale acquiert une position encore plus avancée; cette atrophie semble plutôt consécutive à la forte compression de la moitié aveugle de la région céphalique. En outre de la similarité de la disposition des pelviennes, la suppression de l'organe nasal nadiral s'accompagne d'une morphologie de la colonne vertébrale qui est très spéciale dans l'ensemble de la série des Poissons Hétérosomes; si bien que, du moins dans le cas présent, le sens de la version somatique perd singulièrement de l'importance qui lui a été attribuée jusqu'ici.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la lécithine et du chlorure de magnésium sur la vie et la reproduction des Cladocères.* Note (2) de M. **A. Pacaud**, présentée par M. F. Mesnil.

Continuant les essais (3) en vue de la constitution d'un milieu d'élevage pour les Cladocères, à partir de substances chimiquement définies, j'ai obtenu de nouveaux résultats concernant la survie et la reproduction (dans des milieux incomplets) des deux espèces suivantes : *Moina brachiata* Jur. et *Simodaphnia vetula* Müll.

Les résultats concernant la survie dépendent évidemment, pour une part, de la souche utilisée. Ils sont seulement comparables entre eux et, pour cela, il faut : *a*, pour chaque essai, prendre des jeunes d'une même génération ou mieux d'une même ponte; *b*, leur faire subir le même nombre de passages dans l'eau distillée, car la vitalité ultérieure des Cladocères diminue quand ce nombre augmente. Mais, étant donnée la limite de purification imposée par divers facteurs (impuretés de l'eau distillée, solubilité du verre), on calcule qu'il est inutile, au point de vue chimique, d'aller au delà d'un petit

(1) *Annals and Magazine of Natural History*, 8e série, 6, 1910, p. 491.
(2) Séance du 3 juillet 1933.
(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1050. Dans cette Note, page 1051, ligne 25, *au lieu de* de, *lire* jusqu'à.

nombre de transferts. Si, d'autre part, par ce procédé, la stérilisation des jeunes Cladocères n'est pas complète, elle est cependant suffisante pour ne pas introduire un élément d'inconstance dans les résultats obtenus : la cohérence des variations constatées, en modifiant les conditions chimiques, montre en effet, que le facteur bactérien, quel que soit son rôle, doit être, pour le moment, considéré comme constant dans les conditions de mes expériences.

Ces conditions étant données, j'ai observé un premier ensemble de faits concernant les facteurs chimiques de la vie individuelle et de la reproduction des deux espèces étudiées. Toutes les expériences ont été faites à une température de 20-22°.

A. Reprenant mes essais antérieurs, j'ai été amené à modifier légèrement les proportions. J'introduis les jeunes Cladocères dans le milieu :

$$\text{glycocolle } 2 + \text{Ca Cl}^2\ 2 + \text{eau distillée } 1000.$$

On est en outre en présence de traces de Na^+ dues au verre. Avec *Moina brachiata*, on observe : survie moyenne, 4 à 5 jours; limite, 13 jours. Parmi les ♀ qui atteignent l'âge adulte, un très petit nombre seulement pondent un ou deux œufs. Ces œufs d'ailleurs dégénèrent dans la poche incubatrice. La reproduction parthénogénétique ne s'effectue donc pas dans ce milieu, ni la reproduction sexuée d'ailleurs.

Avec *Simodaphnia vetula* les résultats sont tout à fait comparables.

B. En ajoutant à ce milieu 1/1 000 000e (en poids) de lécithine (lécithine du jaune d'œuf pure) on améliore les conditions de la vie individuelle d'une façon très sensible. La survie moyenne passe à 9 jours, la limite à 16 jours. Mais, en ce qui concerne la reproduction, on observe seulement une augmentation de la proportion des ♀ qui manifestent une ébauche d'activité ovarienne. Les rares œufs pondus dégénèrent encore d'une façon très générale. Ni la reproduction parthénogénétique, ni la reproduction sexuée, ne s'effectuent donc dans ce milieu, pas plus que dans le précédent.

Mêmes résultats avec *Simodaphnia vetula*.

C. A ce second milieu, j'ai ajouté du chlorure de magnésium de façon à obtenir le mélange : glycocolle [1], 2/10 000e ; $CaCl^2$, 2/10 000e ; $MgCl^2$, 5/100 000e ; lécithine, 1/1 000 000e ; eau distillée ; traces de Na^+ de l'ordre du millionième provenant du verre. Il y a lieu, cette fois, de distinguer les résultats obtenus avec chacune des deux espèces.

---

(1) Le glycocolle utilisé contient des traces de soufre organique.

Avec *Moina brachiata*, l'addition de $MgCl^2$ produit une amélioration considérable. La survie moyenne est augmentée de beaucoup : elle passe à 14 et 15 jours ; limite 20 jours. La taille augmente, tout en restant inférieure à la taille normale. Enfin, la reproduction parthénogénétique s'effectue cette fois avec une régularité remarquable. Pratiquement, toutes les ♀ devenues adultes pondent (4 à 8 œufs par ponte en moyenne), et l'on observe très fréquemment plusieurs pontes successives. Un tiers des œufs environ donnent des embryons qui avortent. Les autres donnent des jeunes normaux, parfaitement viables. Séparés et transportés sur un milieu identique, ces jeunes se développent, donnent à leur tour une seconde génération parthénogénétique, susceptible elle-même d'être élevée et d'en donner une troisième toujours sur le milieu indiqué ci-dessus. J'en suis actuellement à la quatrième génération obtenue dans ces conditions.

A titre de comparaison, on peut constater : 1° que la vie moyenne obtenue dans ce milieu synthétique est inférieure à la vie moyenne observée dans la nature de 5 ou 6 jours environ (à *t*° égale bien entendu); 2° que la taille est également inférieure à la normale ; 3° que la reproduction parthénogénétique, s'effectuant très régulièrement, donne néanmoins, pour chaque ponte, un nombre de jeunes inférieur à celui que l'on obtient dans des cultures vigoureuses sur milieu empirique (4 à 5 jeunes au lieu de 15 à 20). Tout se passe donc comme si l'on était déjà en présence d'éléments fondamentaux, mais non suffisants, pour obtenir le rendement optimum.

Il est d'ailleurs possible d'améliorer ce rendement sans ajouter d'éléments nouveaux, en modifiant seulement les proportions relatives des précédents. C'est ainsi que la reproduction parthénogénétique semble conditionnée, au moins autant par le rapport Ca/Mg que par la quantité absolue de ces deux corps. Essayant de déterminer la valeur optima de ce rapport, on se heurte à des difficultés dues à l'action modificatrice importante exercée par d'autres corps, notamment la lécithine. Pour l'instant, le rapport $Ca/Mg = 3$ m'a donné de bons résultats dans le milieu ci-dessus indiqué. Si l'on augmente la proportion relative du magnésium, on constate que la proportion des avortements augmente. Bien entendu, il n'y a pas lieu de penser que ce rapport soit forcément celui que l'on rencontre dans les milieux naturels, où la présence d'autres ions introduit certainement des phénomènes de suppléance, d'activation, d'antagonisme, qu'il y a lieu de rechercher.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absence de l'alpha-cellulose dans le bacille tuberculeux.* Note de M. **O. Binder**, présentée par M. G. Urbain.

Le bacille tuberculeux renferme, d'après certains auteurs, entre autres polysaccharides une substance qui a été considérée tantôt comme de la cellulose [Hammerschlag, Schweinitz et Dorset, Baudran, Warkany (1)], tantôt comme un produit moins condensé, de la nature des hémicelluloses [Dreyer et Marpmann (2)], des hydrocelluloses ou des pseudocelluloses [Auclair et Paris (3)].

La teneur en cellulose serait d'après Hammerschlag de 28,1 pour 100 rapportée au corps bacillaire sec, de 3,6 à 5,5 pour 100 d'après Baudran et de 7,1 pour 100 d'après Warkany.

Cependant l'existence de la cellulose dans le bacille tuberculeux cultivé sur bouillon glycériné a été contestée par Nishimura (4) qui ne l'a pas retrouvée d'une manière certaine, ni dans le bacille ni dans les organes tuberculeux où elle avait été signalée par Freund, Kabrhel et Dreyfuss (5).

Il m'a paru donc utile de reprendre la question de l'existence de la cellulose dans le bacille tuberculeux et de rechercher si celui-ci contenait effectivement de l'alpha-cellulose identique aux celluloses végétales.

Les recherches rapportées ci-dessous ont été effectuées sur des bacilles tuberculeux de souche bovine (Vallé) âgée de 5 à 6 semaines et cultivées sur un milieu de Sauton (6).

Les bacilles ont été tués par chauffage pendant 30 minutes à l'autoclave à 110°. Après décantation ils ont été lavés à l'eau, puis dégraissés par extraction successive à l'acétone, à l'alcool méthylique et au chloroforme dans un appareil de Kumagava. Les corps bacillaires ont été ensuite traités au bain-marie pendant une heure par dix fois leur poids de soude à 2 pour 100 pour

(1) A. Hammerschlag, *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissench. Wien*, **97**, Abt II$_b$. 1888, p. 986; E. A. de Schweinitz et M. Dorset, *British med. Journ.*, 1, 1900, p. 745; G. Baudran, *Comptes rendus*, **142**, 1906, 657; J. Warkany. *Zeitschrift für Tuberkulose*, **42**, 1925, p. 184.

(2) D'après A. Calmette, *L'infection bacillaire et la tuberculose*, Masson, Paris, 1928, p. 78.

(3) Y. Auclair et L. Paris, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 278.

(4) Toyosaka Nishimura, *Archiv. für Hygiène*, **21**, 1894, p. 52.

(5) E. Freund, *Jahrbüchern des Gesellschaft Wiener Aerzte*, **28**, 1886, p. 334; A. Kabrhel, *Allg. Wiener medic. Zeitung*, n° **10**, 1888, p. 1; J. Dreyfuss, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, **18**, 1893, p. 358.

(6) Ces bacilles m'ont été donnés par M. Vaisman du laboratoire de M. Levaditi.

éliminer la majeure partie des matières protéiques. Ils ont été séparés par centrifugation, puis après lavage à l'eau traités successivement par une solution d'hypochlorite de sodium à 2 pour 100 et de bisulfite de sodium à 1 pour 100. Le résidu final qui représente 1^{dg}, soit environ 2 pour 100 des bacilles dégraissés secs, a été ensuite lavé et séché. La cellulose, si elle existait devait se retrouver dans le résidu. Effectivement cette partie paraît contenir une certaine quantité de matières cellulosiques, mais un examen au microscope polarisant m'ayant permis de reconnaître la présence des débris cellulosiques provenant d'une introduction accidentelle de cellulose au cours des cultures (ballons bouchés au coton) extractions (dans des cartouches en papier), de nouvelles cultures ont été effectuées dans des ballons spéciaux de manière à éviter l'introduction de cellulose étrangère. Je me suis servi de ballons dont les cols étaient munis d'une longue tubulure latérale recourbée vers le bas et bouchée à la partie inférieure par un très petit tampon de coton. Les cols des ballons, après introduction du milieu de culture et ensemencement, étaient bouchés avec des bouchons de caoutchouc, recouverts avec des capuchons de caoutchouc. Le dégraissage des bacilles a, en outre, été effectué au Kumagava en prenant la précaution d'enfermer les bacilles dans des cartouches d'extraction en pâte de verre poreuse.

De cette manière je suis arrivé à avoir des corps microbiens, qui après les opérations décrites précédemment, fournissaient un résidu. Celui-ci, bien que soluble dans la liqueur de Schweitzer, donne avec la soude à 17 pour 100 des solutions colloïdales floculées par l'acide acétique, caractère qui le distingue de la cellulose-α. En outre le précipité obtenu contient de 1,5 à 1,8 pour 100 d'azote et ne donne pas le diagramme de rayons X caractéristique de la cellulose-α, mais seulement un cercle amorphe que j'ai d'ailleurs observé à toutes les phases de la purification des bacilles.

De ces études on peut conclure que l'alpha-cellulose n'existe pas dans le bacille tuberculeux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les acides organiques des jus de raisins.* Note [1] de MM. **Lucien Semichon** et **Michel Flanzy**, présentée par M. P. Viala.

La présente Note a pour but de montrer l'existence dans le jus de raisin d'acides organiques non encore signalés, d'indiquer la manière de les doser,

---

[1] Séance du 3 juillet 1933.

de donner pour les acides antérieurement connus des modes de dosage plus précis.

Pour rechercher ces acides, les auteurs préfèrent généralement à la méthode colorimétrique de A. Berg et G. Gerber (1) l'une des méthodes pondérales établies par Mestrezat (2), Laborde (3), Ferré (4). Elle consiste à provoquer dans le jus de raisin un précipité alcoolo-barytique ou alcoolo-calcique. La différence A — T entre le dosage A des acides organiques totaux déterminés par la mesure de l'alcalinité des cendres ou le dosage pondéral du Ca ou Ba correspondant, et le dosage T de l'acide tartrique dans ce précipité redissous dans l'eau et filtré, est regardée comme étant de l'acide malique.

Nous préférons exprimer les acides organiques totaux en additionnant l'acidité totale du moût et l'alcalinité de ses cendres exprimées en SO^4H^2 (5).

Pour le dosage de l'acide tartrique dans le moût, nous employons la méthode au racémate de chaux préconisée d'abord par Pasteur (6) qui employait l'eau de chaux comme agent précipitant. Kling (7) emploie l'acétate de calcium. Nous préférons le sulfate de calcium en solution aqueuse qui ne précipite pas du tartrate gauche ajouté en léger excès; on n'a plus besoin de purifier le précipité.

La différence A — T indique, non l'acide malique, mais l'acidité non tartrique.

H. Besson (8) dose polarimétriquement l'acide malique par formation préalable d'émétique à l'aide d'une solution d'oxalate de potasse et d'antimoine. Mais il n'a appliqué sa méthode qu'aux solutions d'acide malique pures ou additionnées d'acide citrique.

Pour l'application aux jus de raisin nous neutralisons optiquement l'acide tartrique par une addition de tartrate gauche d'ammoniaque égale à la quantité d'acide tartrique existante, antérieurement déterminée. Les résultats sont très satisfaisants dans les mélanges de malates, tartrates et citrates.

---

(1) A. Berg et G. Gerber, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **15**, 1896, p. 1050.
(2) Mestrezat, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 185.
(3) Laborde, *Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 793.
(4) Ferre, *Ann. Fal. Fr.*, **21**, 1928, p. 75.
(5) L. Semichon et M. Flanzy, *Ann. Agron.*, nouvelle série, **2**, 1932, p. 199.
(6) L. Pasteur, *Études sur le Vin*, 2e édit., 1873, p. 269.
(7) A. Kling, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **7**, 1910, p. 567, 4e série, **11**, 1912, p. 686.
(8) H. Besson, *Ann. Fal. Fr.*, **23**, 1930, p. 218.

Ce dosage de l'acide malique nous donne des chiffres très inférieurs à la différence A — T. Contrairement à ce qu'on exprimait jusqu'ici, cette acidité non tartrique contient donc d'autres acides que l'acide malique, qu'ils agissent ou non sur la lumière polarisée.

Nous y avons caractérisé l'acide glyoxylique. H. Brunner et E. Chuard (1) l'avaient bien signalé dans les raisins verts et l'ont indiqué comme disparaissant avant la maturité. Nous en avons trouvé même dans les vins.

Ch. Ordonneau avait nié l'existence de cet acide glyoxylique, considérant que c'était de l'acide tartro-malique (2). H. Brunner et E. Chuard se servaient de la réduction du nitrate d'argent ammoniacal pour caractériser l'acide glyoxylique. Cette réaction n'est pas spécifique.

Nous dosons l'acide glyoxylique en appliquant la réaction de Cannizzaro. A la suite d'une ébullition d'une heure avec de la potasse, deux molécules d'acide glyoxylique donnent intégralement une molécule d'acide glycolique et une molécule d'acide oxalique, lequel est aisément dosable.

Dans un premier essai $82^{mg},7$ d'acide glyoxylique ont donné $49^{mg},6$ d'acide oxalique correspondant à $81^{mg},6$ d'acide glyoxylique. Dans un deuxième essai $148^{mg},1$ d'acide glyoxylique ont donné 90^{mg} d'acide oxalique correspondant à 148^{mg} d'acide glyoxylique.

Les dosages de l'acide malique et de l'acide glyoxylique ne comblent pas, il s'en faut, la différence A — T. Il y a encore d'autres acides et notamment d'autres acides aldéhydiques.

L'argent réduit, obtenu par l'action du nitrate d'argent ammoniacal redissous et précipité sous forme d'iodure d'argent, mesure la fonction réductrice de l'ensemble des acides aldéhydes.

La mesure de la potasse consommée par la réaction de Cannizzaro donne une acidité qui concorde avec la quantité d'argent ainsi précipitée. Cette acidité est très supérieure à celle due à l'acide glyoxylique.

Dans un moût nous avons trouvé, par litre, une quantité d'acide glyoxylique exprimée en SO^4H^2 de 136^{mg}, tandis que la quantité d'acides aldéhydes correspondant à la potasse saturée et à l'argent réduit, s'élevait à 248^{mg}.

Nous recherchons quels sont ces acides aldéhydes dont le rôle au cours de la maturation doit présenter un grand intérêt.

Les modes de dosage direct de l'acide malique et de l'acide glyoxylique, l'acidité non tartrique, le dosage en bloc des acides aldéhydiques sont des

---

(2) H. Brunner et E. Chuard, *Bull. Soc. Vaudoise*, 3e série, 22, 1886, p. 162.
(3) Ch. Ordonneau, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 6, 1891, p. 361.

données nouvelles dont nous montrerons l'application à l'étude de la maturation des raisins.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la lyse transmissible du vibrion cholérique.* Note ([1]) de MM. **P. Noël Bernard** et **Jean Guillerm**, présentée par M. Calmette.

Diverses théories opposent à la conception de d'Hérelle sur le « bactériophage », être vivant parasite des bactéries, l'hypothèse d'une lyse bactérienne transmissible, due à une diastase produite par les microbes eux-mêmes. Elles reposent sur l'observation de cultures dont la lyse est provoquée par le filtrat d'une culture antérieurement lysée par le « bactériophage ». L'expérimentation sur le rôle d'une diastase dans le processus de la bactériophagie n'est à l'abri de toute objection que si la lyse est réalisée en prenant pour point de départ une substance diastasique, isolée de cultures pures ne présentant ni lyse transmissible dans les milieux liquides, ni plages caractéristiques sur les milieux solides. C'est ce que nous avons établi dans une précédente Note ([2]) en montrant qu'il est possible d'extraire de cultures pures répondant à ces conditions, une substance lytique qui se comporte comme le « bactériophage ». Nous avons poursuivi sur des cultures dont la pureté a été constamment contrôlée, des expériences dont nous donnons ci-après les résultats.

Dans un certain nombre de tubes de bouillon nutritif, au momsnt d'ensemencer chacun d'eux avec un vibrion cholérique pur, ajoutons une goutte de la substance lytique suffisamment active, que nous avons extraite d'une culture pure âgée de 48 heures, par des méthodes connues d'extraction des diastases. Entre la deuxième et la quatrième heure, à l'étuve à 37°, alors que la culture donne un trouble apparent dans les tubes témoins, ceux qui ont reçu la goutte de substance lytique s'éclaircissent tout à coup. Additionnons d'une faible fraction du premier tube lysé un second tube au moment de l'ensemencement de vibrions cholériques : la lyse s'y produira comme dans le premier. Multiplions, dans les mêmes conditions, les reports d'une fraction du dernier tube lysé à un nouveau tube de culture jeune : nous constatons que la substance lytique devient de plus en plus active. Cependant le dernier tube, où elle est le plus active, n'a reçu qu'une fraction infinitésimale du contenu du premier. Un tel phénomène n'est possible que si la substance lytique se régénère ou libère un élément de même nature, contenu dans les corps microbiens en voie de multiplication ou dans les produits qui en dérivent.

50$^{cm^3}$ d'une culture pure de vibrions, ne contenant ni principe lytique, ni bactério-

---

([1]) Séance du 3 juillet 1933.

([2]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1339.

phage, sont prélevés entre la deuxième et la troisième heure après ensemencement et séjour à l'étuve à 37°. On centrifuge aussitôt. Le bouillon surnageant et le culot microbien sont traités séparément par la technique d'extraction indiquée dans notre précédente Note : adsorption par le gel d'alumine et centrifugation (selon la méthode de Willstätter), puis concentration rapide du liquide surnageant, précipitation par une solution saturée de sulfate d'ammonium, centrifugation du précipité.

A. Le précipité obtenu en partant du bouillon de culture surnageant ne donne pas de lyse.

B. Le culot microbien est délayé dans 1^{cm^3} d'acétone pur. On l'étend de 20^{cm^3} d'eau distillée (pH = 7). On agite fortement dans un tube qu'on scelle à la lampe et qu'on maintient 2 heures à l'étuve à 37°. Traité par la technique indiquée ci-dessus le liquide donne un précipité à peine perceptible que l'on sépare par centrifugation et qu'on redissout dans quelques centimètres cubes de bouillon. La totalité de cette solution, introduite dans une culture pure de vibrions cholériques au moment de l'ensemencement, provoque une lyse transmissible qui devient très nette à partir du troisième passage de culture jeune en culture jeune.

La substance lytique que, dans nos précédentes recherches, nous avions extraite de *filtrats de culture de 48 heures*, se trouve donc incluse dans les *corps microbiens* d'une culture pure de deux heures. Il suffit de l'extraire de ces corps microbiens et de l'introduire dans une autre culture jeune pour que la dissolution des vibrions qu'elle provoque la régénère dans le milieu liquide. Une partie de ce liquide portée dans une nouvelle culture jeune produira la lyse totale de celle-ci et ainsi de suite : la lyse transmissible est réalisée.

Un phénomène dont l'analogie avec celui qui précède est frappante, nous est fourni par la transmission du pouvoir protéolytique du suc pancréatique activé par l'entérokinase, étudiée par C. Delezenne et Ledebt [1]. De même que « l'entérokinase suscite dans le suc pancréatique, aux dépens d'une prokinase que celui-ci contient, la formation d'une kinase autochtone qui est, à son tour, excito-productrice de kinase » (C. Delezenne), la substance lytique obtenue et utilisée par nous pour l'amorçage initial du processus de la lyse vibrionienne libère une substance identique préexistante, mais inapparente dans les vibrions cholériques jeunes, et cette substance ainsi libérée est excito-productrice de la même substance dans les cultures de vibrions au fur et à mesure que la lyse vibrionienne se produit.

Cette substance a tous les caractères d'un activateur de la diastase qui, dans les cultures normales, produit une autolyse plus ou moins accusée des vibrions. Cet activateur n'agit que dans le milieu favorable créé, dans les

---

(1) C. Delezenne et Ledebt, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 779; C. Delezenne. *Traité de Physiologie* de Roger, 2, 1931, p. 293.

cultures jeunes, par la multiplication des vibrions cholériques, par la présence des produits qui en dérivent et par les conditions physico-chimiques qu'elle réalise.

En résumé, dans les conditions de nos expériences, la transmission indéfinie de la lyse se ramène à la transmission du pouvoir activant d'un activateur diastasique normalement inclus dans les vibrions cholériques jeunes. Ce fait vient à l'appui des conceptions formulées notamment par Kabeshima, Bordet et Ciuca, A. Gratia, Lisbonne, J. Bordet et Renaux, et plus récemment par R. Legroux.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence protectrice de la gestation sur la carence en vitamine* C. Note de M. G. **Mouriquand** et Mlle **J. Schœn**, transmise par M. Charles Richet.

Poursuivant depuis 1916 nos recherches sur l'avitaminose C (avec P. Michel, Bertoye, Bernheim, Mlle Weill, etc.), nous avons à diverses reprises constaté le fait suivant :

Une série de cobayes étant mis au régime d'avitaminose C, les manifestations scorbutiques apparaissent chez eux (comme nous l'avons précédemment montré avec P. Michel et M. Bernheim) plus ou moins précocement suivant l'âge de l'animal, mais le plus habituellement entre le 10e et le 15e jour.

De temps à autre un animal fait exception et ne développe pas de signes nets de scorbut ou les développe très tardivement :

Dans ce cas un examen approfondi nous révèle le plus souvent qu'il s'agit d'une femelle pleine. Tant que persiste sa gestation ([1]), les lésions sont absentes ou très discrètes par comparaison avec celles des témoins atteints de grosses tuméfactions hémorragiques. Puis, dans la plupart des cas, l'avortement survient.

Alors rapidement le tableau change, les lésions scorbutiques se développent, atteignant vite l'importance de celles des animaux témoins.

Le fait, sans être constant, s'est montré dans nos cas d'une très grande fréquence ([2]).

([1]) En dehors de cet état, on peut observer, mais à titre exceptionnel, une certaine résistance individuelle à l'action de la carence C.

([2]) Nous n'avons pas trouvé la relation de ce fait dans les ouvrages les plus complets sur les avitaminoses de MM. Randoin et Simonnet, Browning, Sherman et Schmith. Pourtant, dans le livre de Hess (*Scurvy Past and Present*, 1920), nous trouvons signalé (d'après Ingier) les phénomènes inverses, le scorbut s'installant plus pré-

Tout s'est passé dans ces cas comme si, au cours de la gestation, la carence C étant restée au stade inapparent, la fin de cette gestation a été rapidement suivie par le stade affirmé du scorbut.

Cette constatation fait donc apparaître le rôle frénateur de la gestation vis-à-vis du développement des manifestations de carence C.

Cette action retardante de la gestation nous a surpris pour les raisons suivantes :

Dans cet état, les manifestations de l'avitaminose C doivent être théoriquement accélérées du fait de la suractivité nutritive de la mère et plus encore du développement du fœtus, nécessitant l'apport d'abondantes substances minimales du type vitamine ou autre.

D'autre part, il est admis que l'état de grossesse élève le plus souvent le métabolisme basal (MM. Labbé et Stévenin). Or nous avons montré, en collaboration avec P. Michel et Sanyas, que l'addition d'extrait thyroïdien au régime scorbutigène (adjonction qui élève le métabolisme basal) précipite l'apparition des signes du scorbut.

Il faut donc que l'état de gestation pourvoie pendant un temps plus ou moins long au manque de vitamine C par des modifications de la nutrition portant soit sur l'organisme de la mère, soit sur celle du fœtus, et dont le processus nous échappe.

On serait tenté de considérer ce fœtus comme capable d'élaborer la vitamine C (comme l'élabore une graine en voie de germination), mais il n'y a là qu'une hypothèse, à laquelle on peut objecter que le fœtus expulsé peut présenter des signes de scorbut.

Quoi qu'il en soit, le fait demeure. L'état de gestation retarde le plus souvent les manifestations de la carence C (quand le régime est par ailleurs suffisamment équilibré), la fin de cette gestation les précipite.

Ces faits concernant la dystrophie scorbutique rappellent les troubles nutritifs, infectieux ou autres, qui, restés latents pendant la grossesse, subissent, après l'accouchement, une évolution rapide (insuffisance parathyroïdienne, diabète, tuberculose etc.).

La séance est levée à 16^h45^m.

E. P.

---

cocement chez la cobaye pleine. La contradiction paraît s'expliquer par le fait que, dans les cas envisagés par lui, les animaux ont été soumis à un régime pluricarencé, amenant des troubles nutritifs graves et rapides qu'évite notre régime.